



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

## **SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN KULJETUSTEN YMPÄRISTÖKUORMITUS JA ENERGIAANKULUTUS 2008**

**Diplomityö, 2011**

**Tekijä:** Tomi Järveläinen,  
Tampereen teknillinen yliopisto

**Työn tilaaja:** Metsäteollisuus ry:n  
ympäristötutkimustoimikunta

**Työn valvoja/tarkastaja:**  
Professori Jorma Mäntynen, TUT

Tarkastaja ja aihe hyväksytty Teknis-taloudellisen  
tiedekuntaneuvoston kokouksessa 3. maaliskuuta  
2010

# TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tuotantotalouden koulutusohjelma

**JÄRVELÄINEN, TOMI:** SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN KULJETUSTEN  
YMPÄRISTÖKUORMITUS JA ENERGIANKULUTUS 2008

Diplomityö, 111 sivua, 22 liitettä

Toukokuu 2011

Pääaine: Logistiikka ja kuljetusjärjestelmät

Tarkastaja: professori Jorma Mäntynen

Avainsanat: Metsäteollisuus, metsäteollisuuden kuljetukset, kuljetusmuodot,  
logistinen ketju, yksikköpäästöt, ympäristökuormitus, energiankulutus,  
päästövähennys, tulevaisuuden skenaariot

Kuljetusten merkitys suomalaiselle metsäteollisuudelle on erittäin suuri. Tämä johtuu metsäteollisuuden tuotteiden viennistä ja raaka-aineen sijainnista laajalla alueella Suomessa. Ympäristöarvojen korostuminen yhtiöiden toiminnassa näkyy haluna tuntea tuotteen koko elinkaaren ympäristövaikutukset. Raaka-aineiden ja valmiiden tuotteiden kuljettaminen loppuasiakkaalle muodostavat merkittävän osan metsäteollisuustuotteen elinkaaren ilmastokuormasta. Myös kuljetusten energiatehokkuus on energian hinnannousun myötä tullut entistä tärkeämmäksi osaksi kamppailussa kustannusten nousua vastaan.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää metsäteollisuuden raaka-aineiden ja tuotteiden kuljetusketjujen aiheuttama kuormitus ilmanpäästöjen osalta. Tarkastelu sisältää kaikki metsäteollisuuden käyttämät kuljetusmuodot. Tutkimuksessa on selvitetty kotimaisen metsäteollisuuden kuljetussuoritteet. Hyödyntämällä VTT:n Lipasto - päästölaskentajärjestelmän arvoja, on saatu laskettua ympäristökuormitus ja käytetty energiamäärä sekä massa- ja paperiteollisuuden että puutuoteteollisuuden kuljetuksissa.

Tutkimuksen tärkeimpiä tuloksia ovat metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksen arvot komponenteittain, joiden perusteella on voitu laskea ympäristökuormitus kuljetettua tonnia kohti. Työssä on havaittu, mitkä päästökomponentit ovat kullekin kuljetusmuodoille tyypillisiä. Työssä on konkretisoitu päästömääriä tarkastelemalla tiettyjä case-tapauksia, joista on laskettu yksittäisen raaka-aineen tai tuotteen kuljettamisen aiheuttama ympäristökuormitus. Tutkimuksessa on havaittu, että päästöjen määrä osassa päästökomponenteista on vähentynyt merkittävästi kymmenessä vuodessa.

Tutkimuksessa on pyritty ennakoimaan sekä ympäristökuormituksen että energiankulutuksen määrä tulevaisuudessa luomalla kaksi skenaariota. Skenaarioiden avulla on pyritty antamaan näkökulma siihen, kuinka metsäteollisuuden kuljetuksissa ympäristökuormituksen ja energiamäärän vähentäminen voisi olla mahdollista. Yksittäisten toimenpiteiden ansiosta näitä molempia ja samalla kuljetuskustannuksia on mahdollista vähentää. Toimenpiteiden käyttöönotto vaatii sekä tekniikan että infrastruktuurin kehittämistä. Skenaarioiden mukaan varsinkin rikkidioksidin määrä tulee vähenemään lähitulevaisuudessa merkittävästi kuljetuksissa.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Industrial Management

**JÄRVELÄINEN, TOMI:** ENVIROMENTAL LOAD AND ENERGY

CONSUMPTION IN TRANSPORTATION OF FINNISH WOOD INDUSTRY

2008

Master of Science Thesis, 111 pages, 22 appendix

May 2011

Major: Logistics and Transportation Systems

Examiner: Professor Jorma Mäntynen

Keywords: Paper and wood Industry, Transportation of Wood Industry, Modes of Transportation, Logistic Chain, Unit Emissions, Environmental Load, Energy Consumption, Emission Reduction, Future Scenarios.

The importance of logistics for Finnish paper and wood industry is significant. This is because of the export of forest industry products and location of the wood material in wide area. Environment issues have become more essential part of the operations in modern enterprises. Transportation of the material and products create notable part of the climate emissions in wood products' life cycles. Energy-efficiency in transportation has also become important because of the higher prices of the energy and struggle against the costs in companies.

The objective of this study is to examine the emission load of the whole logistic chain in paper and wood industry. This study contains all the modes of transportation related to forest industry. First the output of the transportation has been clarified. After that the calculation of emissions and energy consumption has been made using VTT's Lipasto - unit emission factors. The results of calculation are used in analysis of transport emissions and energy consumption in wood and paper industry products.

The main result is the amount of different emission components which are used to estimate how much emissions transportation of product ton creates. Notice that some emission components are typical to specific transport mode has been made in the study. There are also three short case-studies of emissions result from specific raw material or product transportation. Purposes of the case-studies are to create concrete way to approach transport emissions. It is shown on the study that there has been significant decrease in amount of some emissions in the air.

Two scenarios have been made in the study to evaluate environmental load and energy consumption in the near future. Reason for this is to make a perspective to the reader how it would be possible to decrease the emissions and energy consumption in the transportation of the forest industries. Both of them and also transport costs can be diminished in certain actions. Those actions require usage of new technology and development of infrastructure to obtain international climate goals. There is prediction in the scenarios that the amount of sulphur dioxide in the forest industries transport will decrease in the near future.

## ALKUSANAT

Huoli ainutkertaisen elinympäristömme tilasta on lisännyt ihmisten tarvetta tietää laajemmin kuluttamiensa tuotteiden vaikutusta ympäristöön. Myös yrityksille on syntynyt tarve selvittää tuotteiden elinkaaren ympäristövaikutus, samalla kun kansainväliset sopimukset ovat tiukentuneet tuotannon ja tuotteen ympäristöystävällisyyttä silmälläpitäen. Toisaalta toimialasta riippumatta yrityksissä on havaittu, ettei ympäristöä huomioon ottava tuottaminen ole aina edes kalliimpaa kuin vanhojen menetelmien soveltaminen.

Tämä tutkimus on syntynyt metsäteollisuuden halusta tunnistaa toiminnastaan aiheutuva ympäristökuormitus. On tärkeää, ettei tieto jää pelkästään tehdasalueen sisällä tapahtuvien toimintojen ilmankuormituksen määrän arviointiin, vaan tuotteen koko elinkaaren huomioon ottaen, aina metsästä kuluttajalle ja yhä uudelleen raaka-aineeksi asti. Tässä tutkimuksessa on selvitetty kuljetuksen aiheuttamia päästöjä metsäteollisuudessa.

Tulokset metsäteollisuuden kuljetusten suoritemäärästä ja pakokaasujen aiheuttamasta ympäristökuormituksesta vaativat yhdistelemistä eri instanssien julkaisemien tilastojen kesken. Lisäksi tietoa tuloksien laskemiseksi ja skenaariomallien muodostamiseksi on kerätty haastatteluin ja kyselyin. Haluan esittää kiitokseni tutkimuksen ohjausryhmässä mukana olleille sekä asiantuntijoina haastatetuille henkilöille. Ilman teidän apuanne tutkimuksesta ei olisi ollut mahdollista tehdä näin kattavaa. Esitän kiitokset myös tutkimuksessa rahoittajana ja tiedon lähteinä toimineille yrityksille.

Kiitän myös tutkimuksen tarkastajana ja mentorina toiminutta professori Jorma Mäntystä, jonka ideapankista on löytynyt apu moneen tutkimuksen suorittamista jarruttaneeseen ongelmaan. Kannustuksesi ja positiivinen asenteesi työn onnistumisen suhteen on valanut uskoa tutkimusta tehdessäni.

Erikoiskiitoksen ansaitsee työn ohjaajana Metsäteollisuus ry:n puolesta toiminut ympäristöasiantuntija Tiina Vuoristo. Kiitos kärsivällisyydestäsi ja paneutumisestasi työn tulosten oikeellisuuden ja raportoinnin onnistumisen suhteen. Tukesi on ollut ensisijaisen tärkeää koko tutkimuksen onnistumisen kannalta.

Jyväskylässä sunnuntaina 21. päivänä toukokuuta.

Tomi Järveläinen

# SISÄLLYS

1	Johdanto .....	1
1.1	Tutkimusongelma ja -ote .....	2
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja sen toteuttaminen .....	3
2	Metsäteollisuuden toimintaympäristö 2008 .....	5
2.1	Metsäteollisuuden logistiikkakustannukset .....	7
2.2	Kuljetukset metsäteollisuudessa .....	9
2.3	Kuljetusmuotojen soveltuvuus ja käyttö .....	12
2.4	Metsäteollisuus ja ympäristö .....	17
3	Tavaraliikenteen suorite ja kuljetusten päästöt .....	18
3.1	Liikenne-ennusteet Suomessa ja Euroopassa .....	19
3.2	Kuljetusten energiankulutus ja polttoaineet .....	20
3.3	Kuljettamisen päästöt .....	24
3.3.1	Päästölajit ja päästöjen muodostuminen .....	24
3.3.2	Tyypillisiä päästöjä eri kuljetusmuodoille .....	26
3.3.3	Liikenteen päästöjen vaikutukset .....	28
4	Tutkimusaineisto, rajaukset ja laskentamenetelmä .....	29
4.1	Tutkimusaineisto .....	29
4.1.1	VTT:n Lipasto .....	29
4.1.2	Tilastokeskus .....	31
4.1.3	Liikennevirasto .....	31
4.1.4	VR Transpoint oy .....	31
4.2	Tutkimuksen rajaukset .....	32
4.3	Kuljetussuoritelaskennan jakoperusteet .....	33
4.4	Kuljetussuoritelaskennan periaatteet .....	35
4.5	Kuljetussuoritteen ja päästöjen laskentamenetelmät .....	36
5	Metsäteollisuuden kuljetussuorite 2008 .....	37
5.1	Raaka-ainekuljetukset .....	37
5.1.1	Raakapuu .....	37
5.1.2	Sivutuotekuljetukset .....	40
5.1.3	Mekaanisen massan ja sellun kuljetukset .....	42
5.1.4	Paperin- ja kartonginvalmistuksessa käytettävät päällystys- ja täyteaineet .....	42
5.1.5	Massa- ja paperiteollisuudessa käytettävät kemikaalit .....	44
5.1.6	Energiaraaka-aineiden kuljetus .....	45
5.1.7	Uusiokuitukuljetukset metsäteollisuudelle .....	47
5.2	Raaka-ainekuljetusten yhteenveto .....	48
5.3	Tuotekuljetukset .....	52
5.3.1	Paperi- ja kartonkikuljetukset .....	52
5.3.2	Sellukuljetukset .....	54

5.3.3	Sahatavaran kuljetukset.....	55
5.3.4	Levyteollisuustuotteiden kuljetukset.....	57
5.3.5	Liimapuun kuljetukset.....	58
5.3.6	Pellettikuljetukset.....	59
5.3.7	Mäntyöljykuljetukset.....	59
5.4	Tuotekuljetusten yhteenveto .....	60
5.5	Muut kuljetukset.....	63
5.5.1	Jätekuljetukset.....	63
5.5.2	Tuotantolaitosten varaosa ja huoltotoimintaan liittyvät kuljetukset ...	64
5.5.3	Muiden kuljetusten aiheuttama ympäristökuormitus .....	66
5.6	Metsäteollisuuden kokonaiskuljetussuorite 2008 .....	66
5.7	Metsäteollisuuden kuljetussuoritteen laskenta Suomen talousalueen sisäpuolella.....	67
6	Metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus 2008.....	69
6.1	Metsäteollisuuskuljetusten päästömäärät .....	69
6.1.1	Massa- ja paperiteollisuuden tuotteiden kuljetusten ympäristökuormitus.....	71
6.1.2	Puutuoteteollisuuden tuotteiden kuljetusten ympäristökuormitus .....	73
6.2	Metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus Suomen talousalueen sisäpuolella.....	74
6.3	Case ”Kaoliini” .....	76
6.3.1	Kaoliinin kuljetusketju .....	76
6.3.2	Laskennan tulokset.....	77
6.4	Case ”Sahatavara Välimerelle” .....	78
6.4.1	Kuljetusketjun kuvaus.....	79
6.4.2	Laskennan tulokset.....	80
6.5	Case ”Keräyspaperi” .....	81
7	Tulosten tarkastelu .....	82
7.1	Ympäristökuormitus pakokaasukomponenteittain ja komponentin syntytyapa metsäteollisuuden kuljetusketjussa .....	82
7.1.1	Hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> ) .....	82
7.1.2	Hiilimonoksidi (CO) .....	83
7.1.3	Rikin oksidit (SO <sub>x</sub> ).....	84
7.1.4	Typen oksidit (NO <sub>x</sub> ).....	85
7.1.5	Hiilivedyt (HC) .....	85
7.1.6	Käytetty polttoaine .....	86
7.2	Metsäteollisuuskuljetusten energiankulutus ja sen kehittyminen .....	87
7.3	Metsäteollisuuden kuljetusten ja tuotannon ympäristökuormituksen vertailu	90
7.4	Kuljetusten ympäristökuormituksen muutos vuodesta 1998 vuoteen 2008....	91
7.5	Tulevaisuuden skenaariot metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksen kehityksestä.....	94
7.5.1	”Tuotantomäärät ja tuotannon rakenteet stabiileja” -skenaariomalli ..	96

7.5.2	”Kuljetusten energiatehokkuuden kasvaminen” -skenaariomalli .....	99
8	Tutkimuksen johtopäätökset .....	105
8.1	Tutkimuksessa tehdyt havainnot ja johtopäätökset.....	105
8.2	Mahdollisuudet kuljetusten ympäristökuormituksen pienentämiselle ja energiatehokkuuden parantamiselle .....	107
8.3	Arviointi tutkimuksen suorittamisesta ja tuloksista .....	109
8.4	Jatkotutkimustarve .....	110
LÄHTEET .....		112
LIITTEET .....		117

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

<b>Biopolttoaine</b>	Esimerkiksi liikennekäytössä oleva ajoneuvopolttoaine, josta osa on eloperäisestä massasta jalostamalla valmistettua polttoainetta. Myös voimalaitoskäytössä olevaa orgaanista massaa, esimerkiksi puun kuorta, kutsutaan biopolttoaineeksi. Tutkimuksessa termiä on käytetty molemmissa merkityksissä.
<b>BOD</b>	Biological Oxygen Demand = Biokemiallinen hapenkulutus. Vedessä oleva helposti hajoava orgaaninen aines. Puhtaan veden ohjearvo 2 mg/l.
<b>Bunkkeriöljy</b>	Meriliikenteen käyttämä raskas polttoöljy. Bunkkeriöljy sisältää rikkiä 0 % – 4,5 % massasta. Itämeren liikenteessä rikkipitoisuus rajoitettu 1,5 %:iin.
<b>CO</b>	Hiilimonoksidi.
<b>CO<sub>2</sub></b>	Hiilidioksidi.
<b>COD</b>	Chemical Oxygen Demand = Kemiallinen hapenkulutus kokonaisuudessa, eli eloperäinen aines ja myrkkujen aiheuttama mikrobitoiminnan heikentyminen yhteensä.
<b>dwt</b>	Deadweight Tonnage = aluksen kuormankantokyky vesiliikenteessä. Massamitta.
<b>EIA</b>	Energy Information Administration; sitoutumaton yhdysvaltalainen energia-alaa tilastoiva ja analyysoiva organisaatio. Osa Yhdysvaltojen energiaministeriötä.
<b>Elinkaarianalyysi</b>	Menetelmä tuotteen, prosessin tai toiminnan ympäristövaikutusten analysoimiseksi kattaen tarkasteltavan kohteen koko ”elämän” esimerkiksi tuotteen raaka-aineista siitä syntyvän jätteen hävittämiseen saakka.
<b>Energiatohokkuus</b>	Suoritteen, palvelun, tavaran tai energian tuotoksen ja energiapanoksen välinen suhde.
<b>EURO 1-6</b>	EU:n asettamat pakokaasujen päästöraajat ajoneuvoille tieliikenteessä. Ensimmäinen EURO-rajoitus otettiin käyttöön vuonna 1992 ja EURO 6-määräys tulee voimaan vuonna 2014. Ei ota huomioon CO <sub>2</sub> -päästöjä.
<b>EU:n valkoinen kirja</b>	Euroopan unionin toimintaohjelma. Strategia sekä tulevaisuuden visio, joka määrittää EU:n poliittisia päätöksiä. Voidaan antaa mille alalle hyvänsä, mutta tässä diplomityössä termillä tarkoitetaan vuonna 2001 määriteltyä liikennepoliittikkaa, jota sittemmin on jo päivitetty.



<b>Feeder-liikenne</b>	Lyhyen etäisyyden ja ohuiden tavaravirtojen liikennettä, jossa pienemmillä kuljetusvälineillä kuljetetaan tuotteita koottavaksi suurempiin kokonaisuuksiin. Termiä käytetään myös henkilöliikenteessä.
<b>GT</b>	Gross Tonnage = vesiliikennealuksen bruttovetoisuus, ottaen ruuman ja kansitilat huomioon. Tilavuusmitta.
<b>Hiilijalanjälki</b>	Tuotteen, toiminnan tai prosessin elinaikanaan aiheuttama ilmastokuorma, kattaa yleisesti kasvihuonekaasut.
<b>Irtolastialus</b>	Rahtilaiva, joka kuljettaa pakkaamatonta irtolastia
<b>Kaasuöljy</b>	15 - 19 hiiliatomien alkaanisarjan hiilivety, josta koostuvat polttoaineina käytetyt dieselöljyt ja kevyet polttoöljyt.
<b>Kaoliini</b>	Vaalea tai harmahtava alumiinisilikaattien heikosti kovettunut seos. Yleisnimitys mineraaliselle kaoliiniittille sekä maalaji kaoliinisavelle.
<b>Kasvihuonekaasu</b>	Globaalia kasvihuoneilmiötä voimistavat ilman komponentit. Luetaan kuuluviksi hiilidioksidin lisäksi mm. metaani, vesihöyry, otsoni ja typpioksiduuli.
<b>Konttialus</b>	Rahtilaiva, joka on erikoistunut standardikokoisten merikonttien kuljetuksiin
<b>Kuormaulottuma</b>	Rautateiden tavaraliikenteen maksimimitat, jotka eivät saa ylittyä tavaraa rautateillä kuljetettaessa.
<b>Kuutiometrikilometri, m<sup>3</sup>km</b>	Kuljetussuoritteen yksikkö, vastaa tilavuudeltaan kuutiometrin kuljetusta yhden kilometrin matkan.
<b>LCA</b>	Life Cycle Assessment tai Life Cycle Analysis = Elinkaariarviointi.
<b>Logistinen hub</b>	Hub = napa. Logistinen tavaraliikenteen yhteyskohta, esimerkiksi terminaali, jossa eri suunnista tulevat tavarat lajitellaan uudelleen määränpään mukaisesti. Yleensä hub sisältää useita kuljetusmuotoja.
<b>Merimaili</b>	[NM] Noin yhden kaariminuutin matka pituuspiiriä pitkin. Vastaa SI-järjestelmässä tasan 1852 metriä.
<b>Metsäluonnon monimuotoisuus</b>	Erilaisten metsäympäristötyyppien, eliöyhteisöjen, ekosysteemien sekä eliölajien kirjo ja niiden geneettisen perimän runsaus ja monipuolisuus
<b>NT</b>	Net Tonnage = vesiliikennealuksen nettovetoisuus sisältäen lastitilojen vetoisuuden. Tilavuusmitta.
<b>Ro-ro-alus</b>	Roll in-roll out = rahtialus, jonka lastaaminen ja purkaminen tapahtuu rullaten pyörien päällä joko kuorma-autoilla tai kuorman käsittelyyn suunnitelluilla vetomestareilla tai alavaunuilla.

<b>SITC-luokitus</b>	Standard International Trade Classification = YK:n ylläpitämä tavaroiden tullinimikkeistö eri maiden kauppatilastojen vertailtavuuden ylläpitämiseksi.
<b>Stoikiometrinen palaminen</b>	Kemiallisen tasapainon saavuttava palamistapahtuma. Happiatomeja palamisessa kaksi jokaista hiiliatomia kohti.
<b>Suljettu vesikierto</b>	Sellun tuotannossa tutkittu prosessiveden käyttömenetelmä, jossa prosessista tuleva sama vesi puhdistetaan ja käytetään uudelleen sellun valmistuksessa.
<b>Tonnikilometri, tkm</b>	Kuljetussuoritteen yksikkö, vastaa tuhannen kilon kuljetusta yhden kilometrin matkan.
<b>TEU</b>	Twenty foot equivalent unit = Kuljetusmittayksikkö konttiliikenteessä. 1 TEU vastaa 20 x 8 x 8,5 jalan mittaisen merikontin tilavuutta.
<b>TEN-T</b>	Trans-European Transport Network = Euroopan laajuinen kuljetusjärjestelmien verkosto. Kehityslistalla 30 tie-, rautatie-, vesiliikennejärjestelmien sekä satelliittinavigoinnin (Galileo) tehostamiseen tähtäävää projektia.
<b>Transito-liikenne</b>	Eli kauttakulkuliikenne. Toisen maan kautta tapahtuva liikenne kolmansiin maihin, jota ei tullata tai tilastoida ulkomaankaupaksi kauttakulkumaassa.
<b>Vesitiekuljetusketju</b>	Uiton ja aluskuljetukset sisältävä kuljetusmuoto, jossa osa kuljetusmatkasta voidaan suorittaa muilla kuljetusmuodoilla.
<b>YVA</b>	Ympäristövaikutusten arviointi

## KÄYTETYT ETULIITTEET

$\mu\text{m} = \text{mikro} = 10^{-6} = 0,000\ 000\ 1$

$\text{k} = \text{kilo} = 10^3 = 1\ 000$

$\text{M} = \text{mega} = 10^6 = 1\ 000\ 000$

$\text{G} = \text{giga} = 10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$

$\text{T} = \text{tera} = 10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$

$\text{P} = \text{peta} = 10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$

## MUUNTOKERTOIMET

$1\ \text{kWh} = 3,6\ \text{MJ}$

## TAULUKOISSA KÄYTETYT LYHENTEET JA PAKOKAASUKOMPONENTIN KUVAUS

<b>CH<sub>4</sub></b>	Metaani; yksinkertaisin hiilivety, voimakas kasvihuonekaasu
<b>CO</b>	Hiilimonoksidi; häkä, erityisesti ottomoottoriautojen pakokaasukomponentti, terveydelle haitallinen kaasu
<b>CO<sub>2</sub></b>	Hiilidioksidi; merkittävin kasvihuonekaasu
<b>HC</b>	Hiilivety-yhdisteet; kasvihuoneilmiötä vahvistava orgaaninen yhdisteryhmä
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Typpioksiduuli; dityppimonoksidi, ilokaasu, voimakas, pitkäikäinen ja toiseksi merkittävin kasvihuonekaasu Suomessa
<b>NH<sub>3</sub></b>	Ammoniakki; kohonneina pitoisuuksina terveydelle haitallinen kaasu
<b>NO<sub>x</sub></b>	Typen oksidi; kaasu, joka muodostaa ympäristöä happamoittavaa typpihappoa
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	Partikkeli; hiukkanen, kokoryhmä <2,5 µm, yleensä palamatonta hiiltä, hengitettynä terveydelle haitallinen
<b>PM<sub>10</sub></b>	Partikkeli; hiukkanen, kokoryhmä <10 µm, yleensä palamatonta hiiltä, hengitettynä terveydelle haitallinen
<b>SO<sub>2</sub></b>	Rikkidioksidi; kaasu, joka muodostaa ympäristöä happamoittavaa rikkihappoa.

# 1 JOHDANTO

Ympäristön huomioonottaminen on luonnollinen osa modernien yhtiöiden ja yhteisöiden toimintaa tuotteiden ja palveluiden suunnittelussa, käytössä sekä niiden hävittämisessä. Markkinoiden lisääntynyt valvettuneisuus yhteisen ympäristömme tilasta, julkisyhteisöiden asettamat tiukentuneet velvoitteet ja yhtiöiden aito huoli ympäristön tilan muutoksesta sekä raaka-aineiden riittävydestä, ovat saaneet tuotteiden ympäristön kuormittavuuden suurennuslasin alle erityisesti viimeisten vuosikymmenten aikana. Tulevaisuudessa markkinoiden ympäristötietoisuus tuotteiden ja tuotannon suhteen kasvanee. Tutkimuksen kirjoitushetkellä vallitseva taantuma ainoastaan viivyyttää ”vihreiden markkinoiden ja markkinoinnin”<sup>1</sup> merkittävää lisääntymistä [1 s. 124]. Nykyisin useat Suomen ympäristöpoliittiset linjaukset johtavat juurensa Euroopan unionin päätöksistä ja meitä velvoittavat unionin sisäiset päätökset. Tästä esimerkkinä tammikuussa 2008 EU:n ilmastopolitiikan työryhmän esittämä tavoite kasvihuonekaasujen 20 prosentin leikkauksesta vuoden 1990 tasosta.[2]

Suomalainen metsäteollisuus kuljettaa vuodessa noin sata miljoonaa tonnia raaka-aineita ja tuotteita. Se on teollisuuden aloista suurimpia kuljetuspalveluiden käyttäjiä. Valtaosa, eli noin 80 % metsäteollisuuden kuljetuksista tapahtuu maantiekuljetuksin. Metsäteollisuuden kuljetuksilla on merkittävä työllistävä vaikutus, mutta samalla ne muodostavat suuren osan yhtiöiden logistiikkakustannuksista [3]. Kuljetusvälineiden työnjako on muodostunut aikojen kuluessa luonnollisella tavalla Suomen maantieteen antaessa reunaehdot kuljetusvälineen valinnalle. Puuraaka-aineiden kuljetus metsistä tehtaille on vaatinut tehokasta kuorma-autokalustoa ja kattavaa tieverkostoa. Junakuljetuksilla on ollut merkittävä rooli tuotekuljetuksissa tehtailta satamiin johtuen suuresta kuljetuskapasiteetista. Aluskuljetukset ovat olleet välttämättömiä tuotteiden kuljettamisessa, koska metsäteollisuuden päämarkkina-alueet ovat sijainneet Euroopassa. Metsäteollisuuden kuljetusten suorittaminen vaatii jokaista kuljetusmuotoa ja niiden välistä yhteistyötä, parantamaan logistisen ketjun toimivuutta.

Suomen ollessa maantieteellisesti laaja maa, jossa metsäteollisuuden raaka-aineet ovat levittäytyneet tasaisesti ympäri maata, myös keskimääräiset tavarankuljetusmatkat ovat Keski-Eurooppaan verrattuna suuremmat. Yhdessä suuri kuljetettavien tuotteiden ja raaka-aineiden määrä sekä pitkät välimatkat lisäävät liikenteen aiheuttamaa ympäristökuormitusta. Ympäristölle aiheutuva kuormitus kuljetettua yksikköä kohti on kuitenkin vähentynyt esimerkiksi tehostuneen kuljetustenohjauksen, hyötykuormien maksimoinnin sekä moottoriteknologian kehittymisen ansiosta. [4 s. 164]

---

<sup>1</sup> Vihreillä markkinoilla ja markkinoinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä asiakkaiden kasvanutta tarvetta tietää tuotteen koko elinkaaren ympäristöön aiheuttamasta vaikutuksesta sekä markkinoinnin pyrkimykseen vastata tähän tarpeeseen

Elinkaariarvioinnin avulla voidaan arvioida metsäteollisuuden tuotteiden ympäristökuormitus. Tähän arviointimalliin kuuluvat myös raaka-aineiden ja tuotteiden kuljettamisesta aiheutuvat päästöt. Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää juuri näiden päästöjen määrä. Tutkimuksessa päivitetään Tuomo Leskisen vuonna 2000 julkaisema diplomityö kuljetusten ympäristökuormituksista ja tutkitaan kymmenen vuoden periodilla tapahtuneet muutokset ilmaan pääsevien päästökomponenttien osalta. Tutkimuksessa kuljetusten energiankulutuksen selvittämiseen on kiinnitetty huomiota, sillä sen minimoiminen tulee olemaan tulevaisuuden kilpailukyvyn kannalta olennaista.

## 1.1 Tutkimusongelma ja -ote

Jokaisen tutkimuksen lähtökohtana voidaan pitää *tutkimusongelmaa*. Tässä diplomityössä tutkimusongelman voi asettaa seuraavasti: ”miten suuren ympäristökuormituksen ja energiankulutuksen Suomen metsäteollisuuden kuljetukset aiheuttavat”. Näin aseteltuna tutkimusongelma on hyvin laaja, joten sitä on paloitettu pienempiin osaongelmiin, siis sellaisiin kysymyksiin, jotka selvittämällä tutkimusongelman ratkaisua voidaan lähestyä. Tällaisia osaongelmia ovat kuljetusmäärien, keskimääräisten kuljetusetäisyyksien sekä kuljetusvälineiden yksikköpäästöjen määrittäminen. Koska tämä tutkimus on päivitys vuoden 1998 kuljetusten ympäristökuormituksista, voidaan osaongelmana pitää myös sitä, miten kuljetuksista aiheutuvat päästöt ovat kymmenessä vuodessa muuttuneet.

Tutkimusote kertoo siitä, miten tutkimus tullaan suorittamaan ja tiedonkeruumenetelmiä käyttämään. Metsäteollisuuden kuljetusten päästöjen laskennassa on tarvittu molempia tutkimusotteen perustyyppiejä: *kvalitatiivista* (laadullinen) ja *kvantitatiivista* (määrällinen) tutkimusotetta. Tietoa tutkimukseen on hankittu sekä tilastoista että eri alojen asiantuntijoiden tiedonantojen avulla. Pääpaino diplomityössä on laadullisella tutkimuksella – ilmiöiden ymmärtämisessä, jonka aineistona toimivat tarvittavat tilastot ja suoritettavat laskut.

Neilimo ja Näsi ovat 1980 luokitelleet teollisuustalouden tutkimusotteet nelikentäksi, jossa ne on jaettu sen mukaan, onko tutkimus teoreettista vai empiiristä ja deskriptiivistä vai normatiivinen (kuva 1.1). Tätä luokittelua on myöhemmin täydennetty lisäämällä nelikentän empiiriselle puolelle konstruktiiivinen tutkimusote.

		TIEDON HANKINTATAPA	
		Teoreettinen	Empiirinen
TIEDON KÄYTTÖ- TARKOITUS	Deskriptiivinen	Käsiteanalyttinen	Nomoteettinen
	Normatiivinen	Päätöksenteko- metodologinen	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;">Toiminta- analyttinen</div> Konstruktiiivinen

**Kuva 1.1** Tutkimusotteiden luokittelu Kasasen, Lukkan ja Siitosen 1991 täydentämässä typologiassa. [5]

Kun tutkitaan Suomen metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksia, pyritään ensisijaisesti kuvaamaan (*deskriptiivinen ote*) kuljetuksista aiheutuvat päästöt, mutta tilastojen prosessoinnin jälkeen tuloksia sovelletaan tutkimuksissa annettuina ohjeina (*normatiivinen ote*), joilla toimintaa voidaan kehittää. Tiedon hankinta tapahtuu tilastojen ja asiantuntijoiden kautta, ja on täten empiiristä. Vaikka empiirisellä materiaalilla onkin työn tulosten kannalta keskeinen rooli, teoreettisella pohjalla ja sen ymmärryksellä on suuri merkitys tuloksia tuottaessa. Edellä mainituin perustein tutkimuksen ote on lähinnä *nomoteettista* tutkimusta, jossa kuvataan kuljetusten aiheuttamaa ympäristökuormitusta, eli näiden välistä kausaalista syy-yhteyttä.[5]

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja sen toteuttaminen

Tutkimuksen yleinen tavoite on olla ennen kaikkea *kartoittava* kuvaus metsäteollisuuden kuljetusten päästöistä. Yhteistyössä työn tilaajan ja tutkimuksen ohjaajan sekä tutkimuksen ohjausryhmän kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta tälle diplomityölle on annettu seuraavat tavoitteet:

1. Koota kattava kuvaus metsäteollisuuden kuljetusten aiheuttamasta ympäristökuormituksesta päästölajeittain.
2. Selvittää kuljetusten muodostama energiankulutus.
3. Selvittää, miten kuljetusten päästöt ovat muuttuneet edellisestä vuonna 2000 tehdystä tutkimuksesta.
4. Tuottaa materiaalia, jota on mahdollista käyttää apuna Metsäteollisuus ry:n ympäristöviestinnässä.
5. Pohtia, miten kuljetusten energiatehokkuutta voi kehittää ja päästöjä alentaa.
6. Luoda skenaario metsäteollisuuden tulevaisuuden kuljetuksista ja niistä aiheutuvista päästöistä.

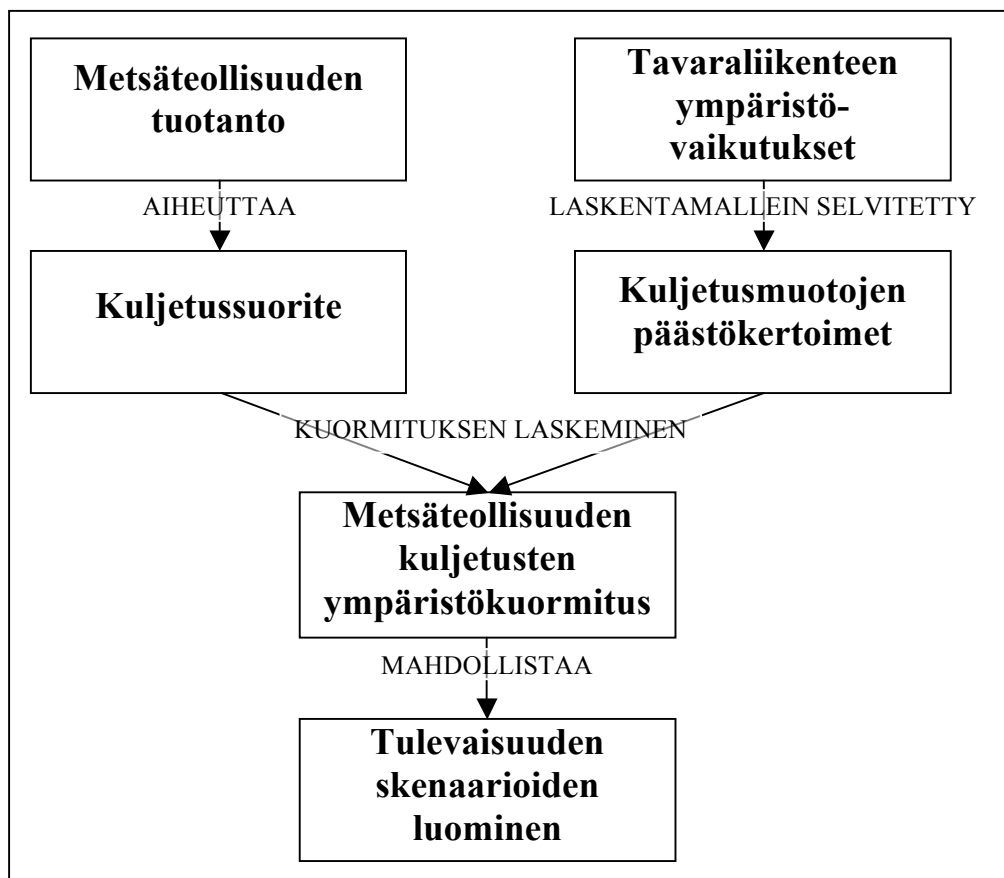
Ensimmäiseksi diplomityössä raportoidaan Suomen metsäteollisuuden tila vuonna 2008 kokonaiskuvan ja tietopohjan luomiseksi tutkimuksissa käytettäville tilastoille. Seuraavaksi kuvataan metsäteollisuuden kuljetusten teoriaa, josta päästään päästölaskennassa käytettävien kuljetusmäärien esittämiseen. Saadut tulokset ja niiden analysointi ovat diplomityön lopussa. Tutkimuksessa metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus on *staattinen poikkileikkaus vuoden 2008 tilanteesta*. Toisaalta saatujen tulosten vertaaminen vuoden 1998 tilanteeseen tekee siitä ajallisesti myös pitkittäistutkimuksen. [6]

Tutkimus on tehty ensisijaisesti *olemassa olevia tilastoja hyväksikäyttäen*. Näitä tilastoja julkaisevat muun muassa Metsäteollisuus ry, Metsäteho Oy, VTT, Tilastokeskus, Liikennevirasto, Liikenteen turvallisuusvirasto (TraFi) ja Tulli. Osa tutkimuksessa tarvittavista tiedoista on yritysten ja liikenneoperaattoreiden sisäisiä. Tällaista dataa ovat yhtiöiden tehdaskohtaiset tuotantotilastot, satamien kuljetustilastot ja tilastot rautatiekuljetuksista. Tällaisten tietojen osalta on tehty kyselyjä kyseisestä aihepiiristä yhtiöiden vastaaville henkilöille.

Kun metsäteollisuuden toiminnan aiheuttamat kuljetusmäärät oli selvitetty, on laskettu VTT:n ja tarvittaessa soveltuvien lähteiden tarjoamia *yksikköpäästökertoimia* hyväksikäyttäen kuljetusten muodostama ympäristökuormitus. VTT:n lipaston dataa on joiltain osin tutkimuksessa jouduttu muokkaamaan parempien tulosten saamiseksi. Tällaisissa tapauksissa on konsultoitu sivustoa ylläpitävää Kari Mäkelää.

Diplomityössä on tutkittu tarkemmin tutkimuksen rajausten ulkopuolella olevia case-esimerkkejä metsäteollisuuden erikoistuotannosta ja kuljetusreiteistä. Edellä mainittuja tapauksia ovat kierrätyskuidun kuljettaminen, kaoliinin koko tuontiketju tuotantoalueelta Suomeen ja sahatavaran suora kuljetusketju Pohjois-Afrikan valtioihin.

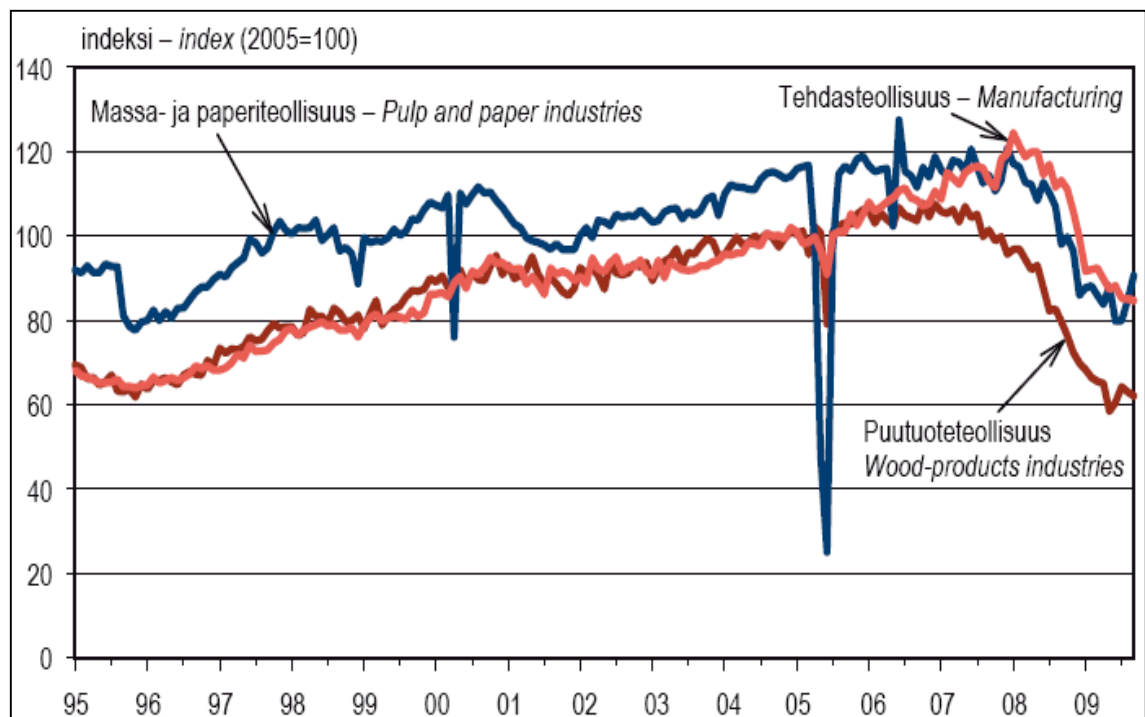
Työtä ohjaamassa olivat Metsäteollisuus ry:n toimesta ympäristöasiantuntija Tiina Vuoristo ja logistiikkapäälliköt Harri Rumpunen ja Outi Nietola ja TTY:stä logistiikan professori Jorma Mäntynen. Lisäksi projektiin on liittynyt ohjausryhmä, johon on kuulunut suurimpien metsäteollisuusyhtiöiden ympäristö-, logistiikka ja päästölaskenta-asiantuntijoita. Liitteessä 1 on kuvattu tutkimushankkeen eteneminen prosessikaavion muodossa. Kuvassa 1.2 esitetään yksinkertaistettu malli metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksen syntymisestä ja tarvittavat komponentit sen laskemiseksi. Kuljetusten ympäristökuormituksen selvittäminen on mahdollistanut tulevaisuuden skenaarioiden muodostamisen metsäteollisuuden kuljetuksista. Skenaarioiden tulosten avulla on esitetty näkemyksiä ympäristöystävällisempien toimintamenetelmien ja teknikoiden käyttöönottamiseksi.



**Kuva 1.2** Metsäteollisuuden kuljetusten aiheuttaman ympäristökuormituksen laskentamalli, jota on käytetty tässä tutkimuksessa.

## 2 METSÄTEOLLISUUDEN TOIMINTAYMPÄRISTÖ 2008

Suomen metsäteollisuus on osa globaalia puunjalostusteollisuutta. Tähän teollisuudenhaaraan vaikuttavat muiden alojen tavoin globaalin markkinatalouden muutokset. Näistä muutoksista saatiin ensikosketus jo tutkimuksen tarkasteluajan vuoden 2008 lopussa, kun maailmantalous taantui Yhdysvalloista alkaneen finanssikriisin seurauksena Metsäteollisuuden markkinatilanne oli muun talouden tavoin haastava vuonna 2008. Vuoden puolivälin jälkeen alkanut maailmanlaajuinen talouden taantumun aikaansaama kysynnän vähentyminen aiheutti tuotannon supistamista edellisvuosien tuotantomääristä. Puutuoteteollisuudessa tämä pudotus (16,1 %) oli suurempi kuin massa- (9,6 %) ja paperiteollisuudessa (8,4 %). Koko toimialalla tuotannon määrä väheni 11 %, ja se osaltaan vaikutti metsäteollisuuden kuljetussuoritteen määrään. Samaan aikaan sopeutuakseen talouden pysyviin rakennemuutoksiin metsäteollisuusyhtiöt purkivat ylimääräistä tuotantokapasiteettia Suomessa. Kahdeksalla paikkakunnalla suljettiin massa- ja paperiteollisuuden tuotantolaitoksia. Tuotannon poistuma metsäteollisuudessa oli 1,3 miljoonaa tonnia vuonna 2008. [18 s. 293-296]



Kuva 2.2 Suomen metsäteollisuuden tuotanto 1995- 2008. [18 s. 293]



Tarkasteluvuonna merkittävä metsäteollisuusyrityksiä koskettanut aihe oli raakapuun toimitusten varmistaminen. Venäjän suunnitteleminen korotettujen puutullien käyttöönnoton piti tapahtua vuoden 2008 ja 2009 vaihteessa, mikä aiheutti koko vuoden puutuuonin kohoamisen ennätykseen, 20,3 miljoonaa kuutiometriin. Se vastaa vajaata kolmannesta kotimaisen metsäteollisuuden puun hankinnasta. Raakapuun tuonnista Venäjän osuus on noin 60 %. Toteutuessaan puutullien täysimääräinen korotus olisi merkinnyt puun tuonnin putoamista raaka-ainekustannusten noustua. [18 s. 319]

Vuonna 2008 ulkomaankauppaa tekeviä metsäteollisuusyrityksiä haittasi korkea euron kurssi etenkin sen suhteessa dollariin ja Ruotsin kruunuun. Tämä näkyi heikentyneenä kilpailukyynä pohjoisamerikkalaisiin ja ruotsalaisiin yhtiöihin verrattuna. Kesällä 2008 polttoaineiden hinnat olivat ennätyslukemissa, mikä näkyi kohonneina kuljetuskustannuksina myös metsäteollisuudessa. [8 s. 369 – 370; 69]

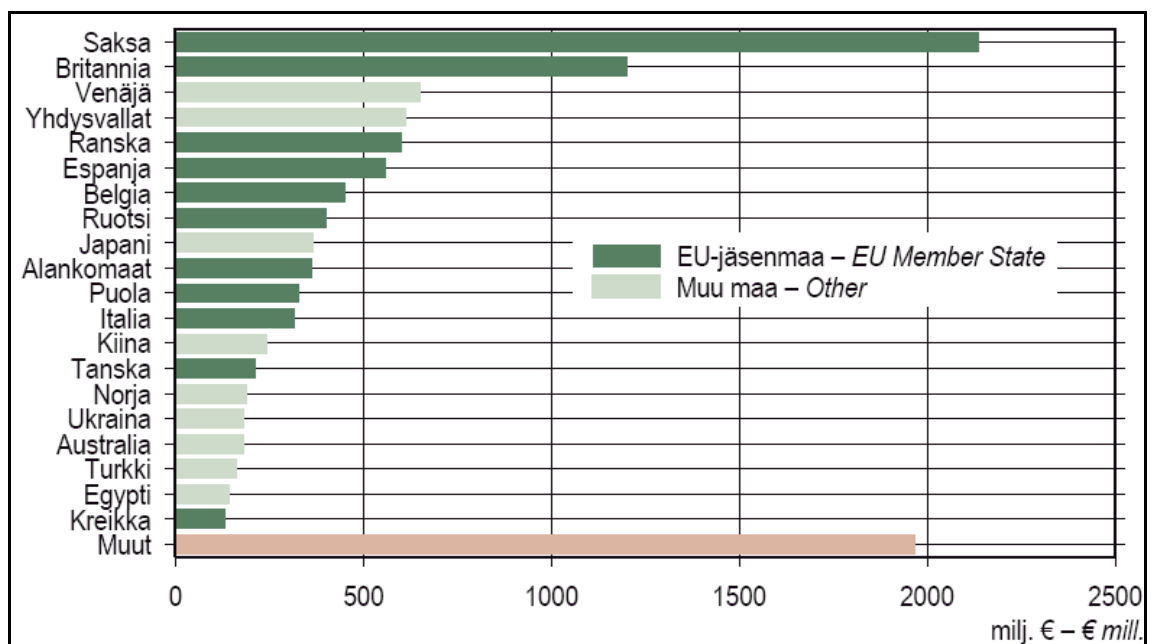
Suomen teollisessa toiminnassa metsäteollisuudella on aina ollut merkittävä asema. Metsäteollisuus on kehittynyt raaka-ainelähteiden läheisyyteen jo 1500-luvulta lähtien. Ensimmäiset kirjalliset merkinnät teollisesta sahatoiminnasta ovat vesisahan perustaminen Halikkoon 1533 [9 s. 11]. Kemiallisen metsäteollisuuden voidaan katsoa alkaneen samalla vuosisadalla tervanpolton myötä [10 ss. 1 - 5]. Rakennemuutos metsäteollisuusyrityksissä on ollut 1990-luvulta tultaessa voimakasta. Kiristynyt kilpailu on pakottanut yhtiöitä fuusioitumaan keskenään ja tehostamaan toimintaansa. Tehokkuus ja suuruuden ekonomia on tullut valtiaksi varsinkin kemiallisessa metsäteollisuudessa. Globaali toiminta on arkipäivää näissä yrityksissä. [11 ss. 344-348]

Metsäteollisuuden osuus kansantulosta on pysynyt suurena. Vaikka **tuotanto** (taulukko 2.1) väheni tarkasteluvuonna 11 %, oli metsäteollisuuden osuus Suomen teollisuustuotannosta yli 14 %. Rahamääräisesti tämä vastaa 20 miljardia euroa, josta massa- ja paperiteollisuuden osuus on kaksi kolmasosaa. Teollisista työpaikoista noin 13 % on metsäteollisuusyritysten piirissä. On huomattava, että suuri osa näistä työpaikoista sijaitsee harvaan asutuilla seuduilla raaka-aineiden lähettyvillä. Metsäteollisuus on alueellisesti merkittävä elinvoimaisuuden kannalta [11]. Suomessa toimii metsäteollisuuden alalla muita kuin suomalaisyrityksiä ja suurimmilla suomalaisyrityksillä on tuotantolaitoksia muissa valtioissa. [18 ss. 293-295]

**Taulukko 2.1. Metsäteollisuuden tuotanto vuonna 2008.** [18 s. 303]

<b>Massa- ja paperiteollisuus</b>	<b>Miljoonaa tonnia</b>
Paperi	10,2
Kartonki	2,9
Sulfaattiselluloosa	7,2
Mekaaninen massa	4,5
Puuöljyt	0,2
<b>Puutuoteteollisuus</b>	<b>Miljoonaa kuutiometriä</b>
Sahatavara	9,9
Vaneri	1,3
Lastulevy	0,3
Kuitulevy	0,1
Liimapuu	0,2

**Viennin** merkitys suomalaiselle metsäteollisuudelle on tärkeää kotimaisten markkinoiden pienuuden johdosta. Metsäteollisuuden yritysten päämarkkina-alueet sijaitsevat Euroopan alueella. Kuvassa 2.3 on esitetty vuoden 2008 viennin arvolla mitattu jakauma. Suomen viennin arvosta metsäteollisuuden osuus on lähes viidesosa, mikä rahallisesti oli 11,4 miljardia euroa vuonna 2008. Diagrammissa EU:n jäsenvaltiot muodostavat yhteensä noin 63 % osuuden viennistä, joista euromaiden osuus 40 prosenttiyksikköä. Euromaiden ulkopuolella olevassa ryhmässä suurimmat kauppakumppanit ovat Iso-Britannia (12 %) ja Ruotsi (4 %). Myös Venäjä ja Yhdysvallat (5 %) ovat metsäteollisuudelle merkittäviä kauppakumppaneita. Kaukoidän maiden, kuten Kiinan, Japanin ja Australian osuus on rahallisesti mitattuna suuri, vaikka prosentuaalisesti tuotteita ei sinne niin paljon menekään. [11]



**Kuva 2.3** Suomen metsäteollisuuden viennin arvo maittain 2008. [18 s. 325]

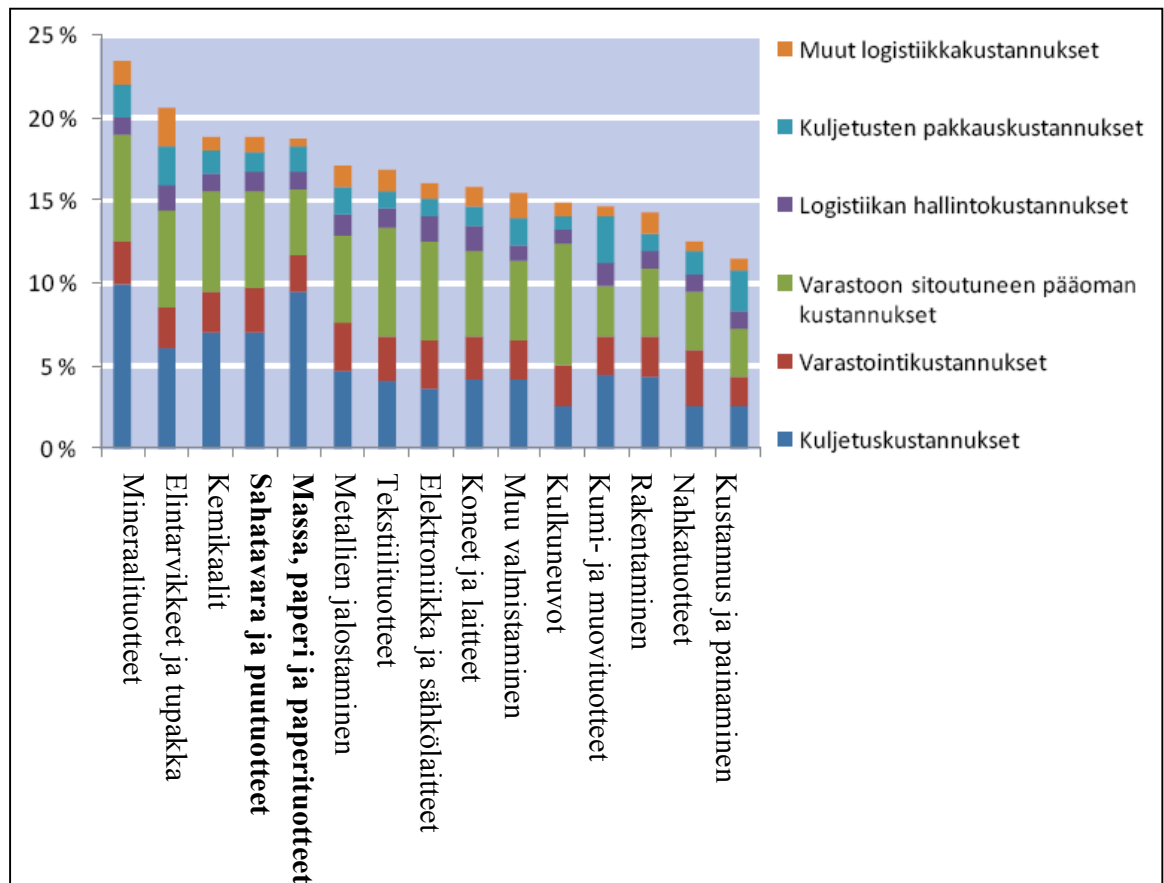
Metsäteollisuustuotteiden ja raaka-aineiden **tuonti** Suomeen oli vuonna 2008 arvoltaan 2,7 miljardia euroa. Tästä metsäteollisuuden käyttämien raakapuun ja massan osuus oli hieman yli puolet ja loppuosuus oli kuluttajille ja teollisuudelle meneviä metsäteollisuustuotteita. Suurimmat tuontimaat puu- ja massaraaka-aineiden osalta ovat Venäjä ja Etelä-Amerikan maat sekä Yhdysvallat ja Iso-Britannia pigmenttien osalta. Paperi- ja kartonkijalosteita tuli 0,4 miljardin euron arvosta Ruotsista vuonna 2008. [8]

## 2.1 Metsäteollisuuden logistiikkakustannukset

Logistiikalla tarkoitetaan tavaravirtojen järjestämisen ohella pääoma- ja tietovirtojen hallintaa läpi toimitusketjun. Logistiikka käsittääkin pelkän tavaran kuljettamisen ohella informaatiovirtojen toimivuuden toimintaan liittyvien yhteistyötahojen - toimitusverkon kanssa. Logistiikkakustannukset jaetaan suoriin (kuljetus ja varastointi) ja epäsuoriin (logistiikan tukitoiminnot, kuten pakkaaminen ja informaatiohallinta) kustannuksiin.

Metsäteollisuudessa painotus on tuotannon suuresta volyymista johtuen suorissa logistiikkakustannuksissa. Logistiikkakustannuksien osuus liikevaihdosta on riippuvainen yrityksen koosta - suurilla yrityksillä logistiikan osuus kustannuksista on yleensä pienempi. [12 ss. 14 – 16, 22 – 24, 38, 76]

Liikenne- ja viestintäministeriön 2010 julkaistun suomalaisia teollisuuden ja kaupan alan yrityksiä käsittelevän logistiikkaselvityksen mukaan logistiikka on merkittävä kilpailutekijä yritysten toiminnassa. Suomalaisyritysten yhteenlaskettu logistiikkakustannus oli 34,7 miljardia euroa vuonna 2008, mikä vastasi 12,3 % näiden yritysten liikevaihdosta. Kuvassa 2.4 on esitetty logistiikkakustannuksia toimialoittain.



**Kuva 2.4** Teollisuudenalojen tuotannon keskimääräisiä logistiikkakustannuksia pääkomponenteittain 2009, prosenttia liikevaihdosta. [12 s. 134, muokattuna]

Metsäteollisuus on teollisuusaloista kuljetusintensiivisin. Kuljetusintensiivisyyttä lisää osaltaan metsäteollisuuden päämarkkina-alueiden sijaitseminen Keski-Euroopassa, jonne kuljetusetäisyydet ovat kotimarkkinoita huomattavasti pidemmät. Tämän vuoksi tehokkaiden kuljetusjärjestelmien merkitys on metsäteollisuuden toiminnan kannalta ensiarvoisen tärkeää. Tarkastelutavasta ja logistiikkakustannusten laajuudesta riippuen metsäteollisuuden keskimääräinen logistiikasta aiheutuva kustannus on 15 – 20 %:n luokkaa yritysten liikevaihdosta. [12 s. 15 - 16; 11]

Koska kuljetuskustannusten osuus on metsäteollisuuden yrityksillä suuri muihin toimialoihin verrattuna, korostuu eri kuljetusmuotojen yhdistäminen tehokkaan kuljetusjärjestelmän luomiseksi.

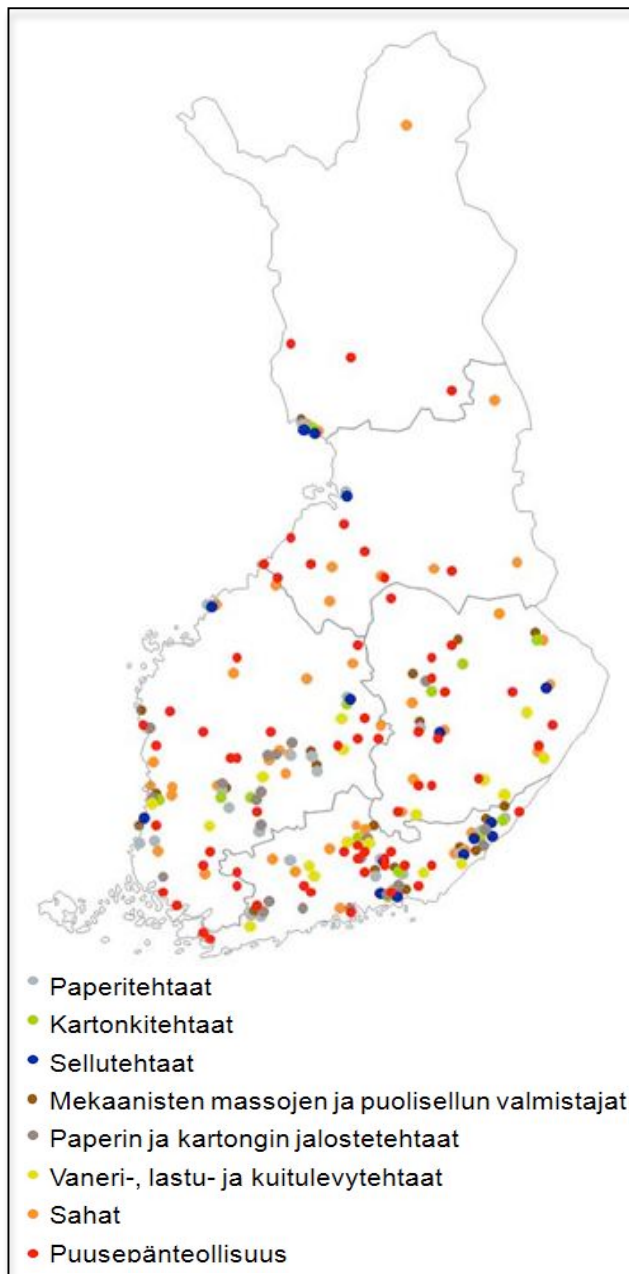
## 2.2 Kuljetukset metsäteollisuudessa

Suuri osa maailman metsävyöhykkeestä sijaitsee pohjoisella pallonpuoliskolla ja metsävarantoja on myös trooppisten sademetsäalueiden valtioilla. Onkin luonnollista, että metsäteollisuus on alun perin kehittynyt sinne, missä raaka-aineita on helposti saatavilla. Nykyisin hyvän infrastruktuurin ja tehokkaiden kuljetusvälineiden ansiosta raaka-aineita on mahdollista kuljettaa suuria määriä pitkiäkin etäisyyksiä. Toisaalta raakapuun tuhansien kilometrien kuljettamisessa jalostettavaksi ei ole ympäristön näkökulmasta järkeä. Raakapuun mukana siirtyy aina runsaasti puun sisältämää vettä, sillä esimerkiksi havupuun kosteusprosentti on tyypillisesti lähes 50. Paperiksi ja kartongiksi jalostettuna vesipitoisuus on huomattavasti vähäisempi, paperilla se on alle kymmenesosa tuotteen painosta. Tällöin ylimääräinen kuljettamistarve minimoituu ja hyödykkeiden kuljettamisen ympäristökuormitus on vähäisempi.

Suomen metsäteollisuus on riippuvainen toimivasta, monipuolisesta ja kilpailukykyisestä logistiikkaverkosta. Joka päivä satoja tuhansia tonneja metsäteollisuuden raaka-aineita, puolivalmisteita ja valmiita tuotteita kuljetetaan, lastataan ja puretaan tuotantolaitoksilla ja logistisissa solmukohdissa. Suuruusluokkana noin 7000 perävaunuyhdistelmää, 80 junakuljetusta ja 20 täyttä rahtilaivaa kuljettaa Suomen metsäteollisuuden raaka-aineita ja tuotteita vuorokaudessa. [13]

Metsäteollisuuden kuljetusketjut raaka-aineista valmiiksi tuotteiksi kuluttajalle ovat pitkät. Tuotantolaitokset on alun perin perustettu raaka-aineiden läheisyyteen hyvien kuljetusreittien varrelle. Metsäteollisuuden tuotantolaitoksia sijaitseekin kattavasti ympäri Suomea (kuva 2.5). Tuotantolaitokset ovat vaatineet työvoimaa, joten asutusalueet ovat syntyneet niiden läheisyyteen.

Viime vuosina tapahtuneet tuotantolaitosten sulkemiset ovat kasvattaneet hieman keskimääräistä kuljetusmatkaa raaka-aineiden osalta (taulukko 5.1). Vuonna 1998 keskipitkän kuljetusmatka oli 114 ja vuonna 2008 158 kilometriä. Kuljetusvälineiden kapasiteetin ja kuljetusten tehokkuuden lisääntymisellä on pyritty kompensoimaan kuljetussuorituksen kasvusta johtuva kustannus. Tuotannon supistaminen on tapahtunut pääasiassa sisämaassa, minkä vuoksi metsäteollisuuden tuotteiden kuljetussuorite on vähentynyt. Myös vientiin menevien valmiiden tuotteiden määrä on hieman laskenut kymmenessä vuodessa. [18; 14]



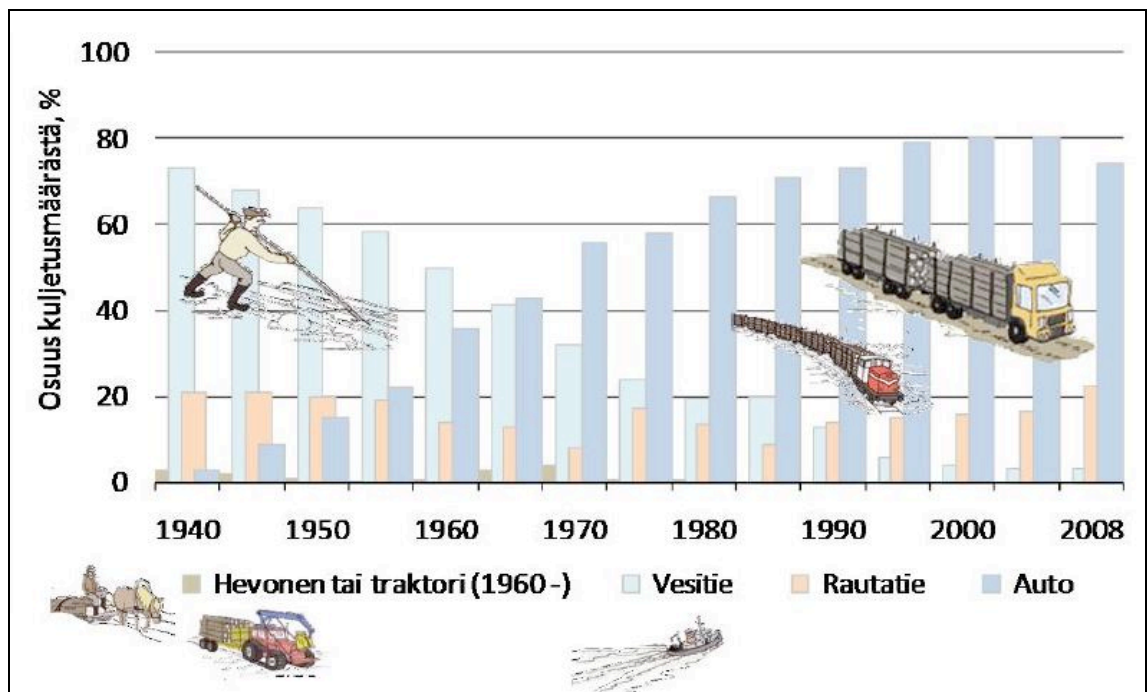
**Kuva 2.5** Metsäteollisuuden tuotantolaitosten sijoittuminen Suomessa 2008. [15]

Jokaisella kuljetusmuodoilla on vahvuutensa. Rautatiekuljetuksilla on vahvuutenaan suuri kuljetuskapasiteetti, kun taas autokuljetukset ovat joustavuudessaan ylivoimaisia. Näin ollen eri kuljetusmuodot ovat erikoistuneet tietyn raaka-aine- tai tuoteryhmän kuljettamiseen. Nykyisin suomalainen metsäteollisuus käyttää kotimaassa tapahtuvissa kuljetuksissaan pääsääntöisesti tie- ja rautatieliikennettä vesiteitse tapahtuvien kuljetusten vähennyttyä voimakkaasti 1940-luvulta lähtien. Esimerkiksi valmiiden tuotteiden kotimaan kuljetukset suoritetaan lähtösatamiin tai kotimaisille asiakkaille kuorma-autoilla sekä junakuljetuksin. [16]

Aiemmin käytetyin kuljetusmuoto eli vesitiekuljetus (kuva 2.6), on kuljetusvälineiden kehittymisen ja sen aiheuttaman kuljetusten tehostumisen myötä joutunut väistymään. Uiton sekä sisävesikuljetusten osuus metsäteollisuuden kuljetusvirroista on nykyaikana hyvin vähäinen.

Käytännössä sisävesillä kuljetetaan ainoastaan raaka-aineita ja energiatuotteita. Vesitiekuljetusketjun osuus käytetyn puuraaka-aineen kuljetuksista oli vuonna 2008 1 424 000 kuutiometriä eli vain 3,2 % kokonaismäärästä. Toisaalta vesiteitse tapahtuva kuljetus on yhä etenkin raaka-aineiden tuonnin osalta merkittävässä asemassa [17]. Raakapuun tuonnissa Suomeen myös rautatiekuljetuksilla oli merkittävä asema johtuen puun tuonnista Venäjältä vuonna 2008. (kuva 5.5).

Koska metsäteollisuudessa kotimaisen raakapuun keskimääräinen kuljetusmatka osalta on suhteellisen lyhyt, eli 158 kilometriä, on kuljetusmuodoksi pääasiassa valikoitunut teitse tapahtuvat kuorma-autokuljetukset. Raakapuun kuljettamisessa kuorma-autoilla on etunaan joustavuus, kun pieniä tavaraeriä saadaan metsästä tuotantolaitoksille nopeasti. Lisäksi autokuljetus toimii yhtenä lenkinä lähes kaikissa rauta- tai vesiteitse tapahtuvissa kuljetusketjussa. Se on mukana 95,6 prosentissa ketjutetuista raaka-ainekuljetusmääristä. [17]



**Kuva 2.6** Raaka-ainepuun kaukokuljetusmuotojen jakauma 1940 – 2008. [16]

Osa metsäteollisuuden tuotantolaitoksista sijaitsee rannikolla lähtösataman välittömässä yhteydessä (kuva 2.5). Kuljetusten kannalta ne ovat edullisessa asemassa. Sijaintinsa vuoksi näiden tehtaiden tuotteista ei muodostu kuljetussuoritetta valmiiden tuotteiden osalta kotimaan sisäisiä kuljetuksia lukuun ottamatta. Rannikolla sijaitsevilla tuotantolaitoksilla myös osa raaka-ainekuljetuksista, kuten raakapuu ja kaoliini, tulee suoraan sen läheisyydessä olevaan satamaan. [17 s. 1]

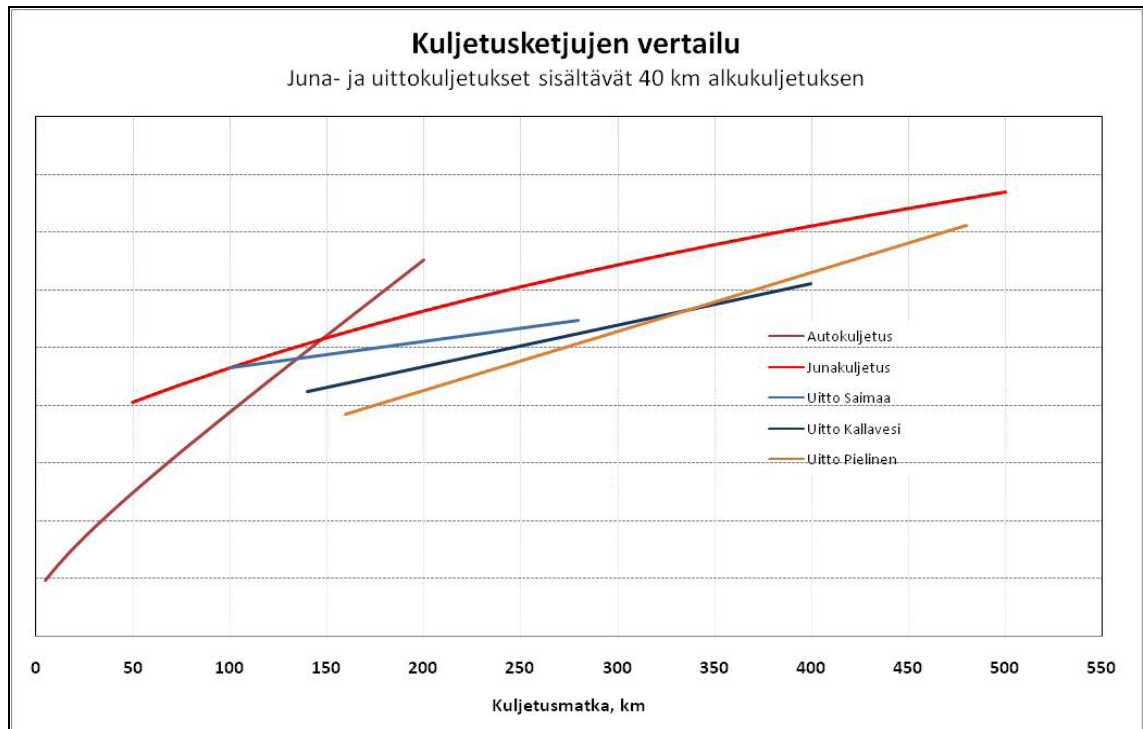
## 2.3 Kuljetusmuotojen soveltuvuus ja käyttö

Metsäteollisuuden raaka-aineet ja tuotteet ovat ominaisuuksiltaan sellaisia, että ne tarvitsevat paljon kuljetuskapasiteettia. Tämän vuoksi kuljetusmuodoista **ilmaliikenteen** käyttö metsäteollisuuden raaka-aineiden tai tuotteiden kuljetuksissa on olematonta ja rajoittuu kiireellisten varaosatoimitusten kuljettamiseen. Johtuen suuresta kuljetuskapasiteetin tarpeesta, on suomalainen kuljetuskalusto niin rautateillä kuin tiekuljetuksissa kehittynyt eurooppalaisia standardeja suuremmaksi. Eroavaisuuksia kuljetuskaluston mitoissa ilmenee sekä massojen, pituuden ja korkeuden maksimimitoissa että kuormauttumissa verrattuna eurooppalaiseen kalustoon. Esimerkiksi kuorma-autoyhdistelmän kokonaismassa on tyypillisesti metsäteollisuuden kuljetuksissa Suomen lain sallima 60 tonnia. [16]

Suurin osa raaka-aineiden kuljetuksista suoritetaan **tiekuljetuksin**. Tähän on syynä tiekuljetusvälineiden kyky noutaa pienet raaka-aine-erät taloudellisesti autoteiden varsilta sekä lyhyet kuljetusetäisyydet tuotantolaitoksille. Autokuljetuksien käyttö on yleistä silloin, kun kuljetusetäisyys puun käyttöpaikalle on lyhyt. Pidemmällä kuljetusetäisyyksillä junakuljetuksien suurempi kapasiteetti tekee niistä tiekuljetuksia kilpailukykyisemmän vaihtoehdon. Vuonna 2008 autokuljetusten keskimatka oli 106 kilometriä ja käytössä oli noin 1410 puutavara-autoa [18]. Autokuljetusten osuus metsäteollisuuden raaka-aineiden kokonaissuoritteesta oli vuonna 2008 laskeva edellisvuoteen verrattuna.

Tieliikenteen osuutta raaka-aineiden kuljettamisessa lisää tieverkon laajuus suhteessa muiden kuljetusmuotojen kulkureittien kattavuuteen. Suomen tieverkon laajuus on noin 450 000 kilometriä koko tieverkko, myös yksityistiet huomioiden. Verrattuna rautatieverkon vajaan 6 000 kilometrin kattavuuteen, tieverkko on huomattavasti laajempi. [16] Rautatiekiskoja ei ole rakennettu jokaiseen kuntaan, joten tällaisilla paikkakunnilla sijaitsevat tuotantolaitokset ovat usein tiekuljetusten käyttäjiä. Metsäautoteiden varsilta raakapuu joudutaan aina kuljettamaan ja lastaamaan junaan, ennen kuin rautatiekuljetus on mahdollinen.

Autokuljetuksin hoidetaan pääasiassa paperin pigmentti- ja kemikaalikuljetukset massa- ja paperitehtaille. Esimerkiksi pigmenttikuljetuksista tieliikenteen osuus on lähes 90 % (taulukko 5.3). [18] Myös sivutuotekuljetusten osalta tiekuljetukset ovat merkittävässä roolissa etenkin Suomessa valmistettujen sivutuotteiden osalta. Taulukossa 5.2 on esitetty hakkeen ja purun sivutuotekuljetukset. Kuvassa 2.7 on vertailtu raakapuun eri kuljetusmuotojen muodostamien kuljetusketjujen taloudellisuutta matkan funktiona. Autokuljetukset ovat taloudellisimpia lyhyillä, alle 140 kilometrin matkoilla hakkuupaikalta käyttöpaikalle. Pystyakselin yksikkö on kuljetuksen hinnan suhdeluku.



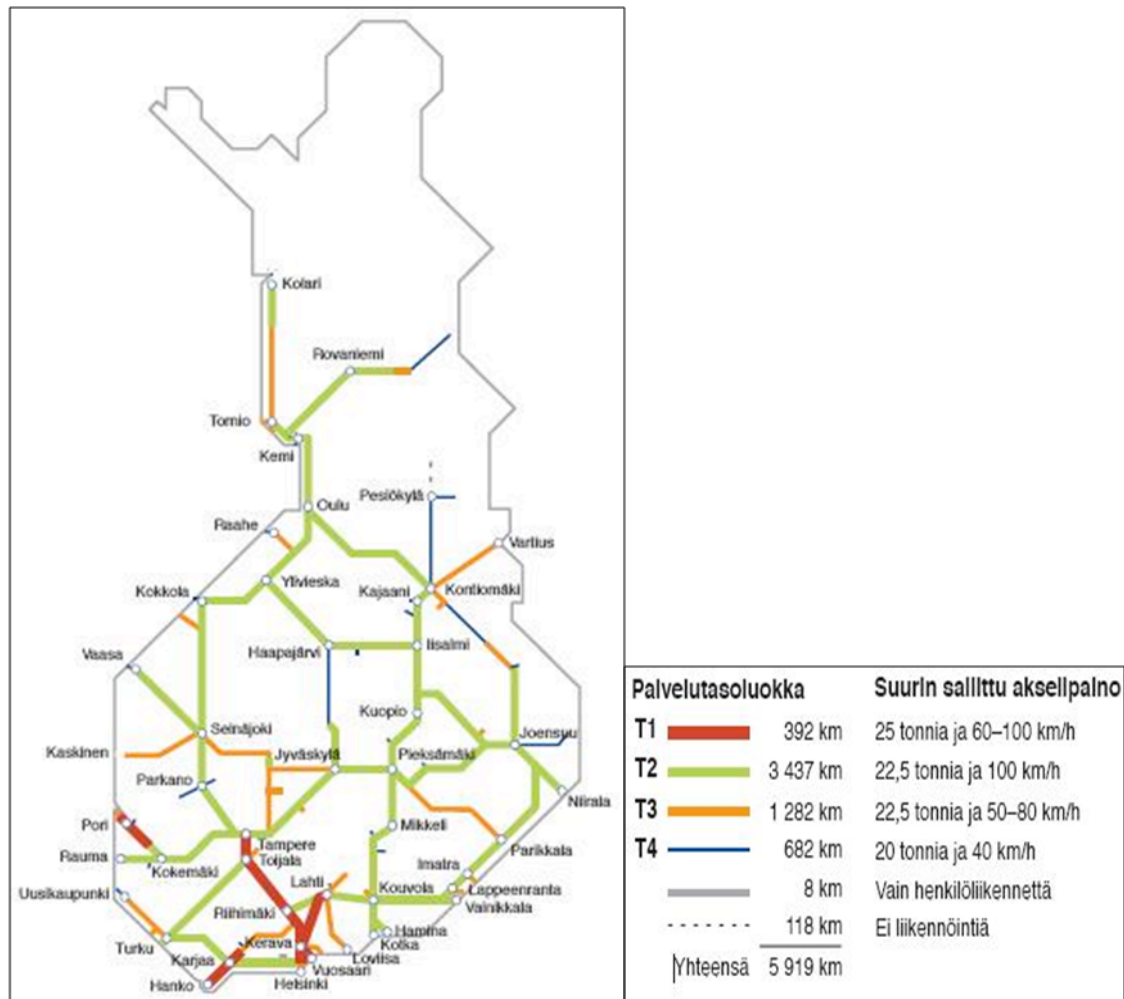
**Kuva 2.7** Kuljetusketjujen taloudellisuusvertailu raakapuukuljetuksissa. [19 s. 19]

Metsäteollisuuden tuotekuljetuksissa tiekuljetuksilla ei ole niin merkittävää roolia kuin raaka-aineiden kuljettamisessa. Silti varsinkin puutuoteteollisuus käyttää tuotteidensa kuljettamisessa kuorma-autokuljetuksia. Puutuoteteollisuudessa tuotantolaitokset ovat yleensä pienempiä kuin massa- ja paperiteollisuudessa sekä asiakkaat sijaitsevat laajemmalla alueella Suomessa, joten tiekuljetukset ovat usein ainoa vaihtoehto kuljetuksen suorittamiseen.

**Rautatiekuljetuksilla** on suuri merkitys metsäteollisuudelle sekä raaka-aineiden että tuotteiden kuljetusmuotona. Rautatiekuljetuksia käytetään suurien tavaravirtojen, kuten paperi- ja kartonkikuljetusten suorittamisessa. Nykyisin valtaosa pääradoista on sähköistetty (liite 2), joten entistä suurempi osa tavaraliikenteestä kulkee sähköveturin vetämänä. Vuonna 2008 dieselvedon osuus kuljetussuoritteesta oli 28,8 % [20 s. 41].

Myös raideliikenne käyttää Suomessa rahdinkuljetuksessa suurempia akselipainoja kuin Euroopassa yleisesti on käytössä. Esimerkiksi VR Cargon katetut simn-sarjan tavaravaunut on varustettu maksimissaan 25 tonnin akselipainoille ja 72 tonnin kuormapainoille. Tämä vaatii rataverkolta kykyä kantaa 25 tonnin akselipaino. Suomen rataverkon kantokyky on suurelta osin mitoitettu 22,5 tonnin akselipainoille, mikä aiheuttaa pullonkaulan metsäteollisuuden kuljetuksissa tietyillä rataosuuksilla. Kuvassa 2.8 on esitetty Suomen rataverkon palvelutasoluokat. Siitä voidaan huomata, että vähän liikennöidyillä raakapuukuljetuksissa usein käytetyillä rataosuuksilla, suurimmat sallitut akselipainot ovat 20 tai 22,5 tonnia. Kun rataosuuksia peruskorjataan, rata suunnitellaan kestäväksi 25 tonnin akselipainoja. [21; 18]

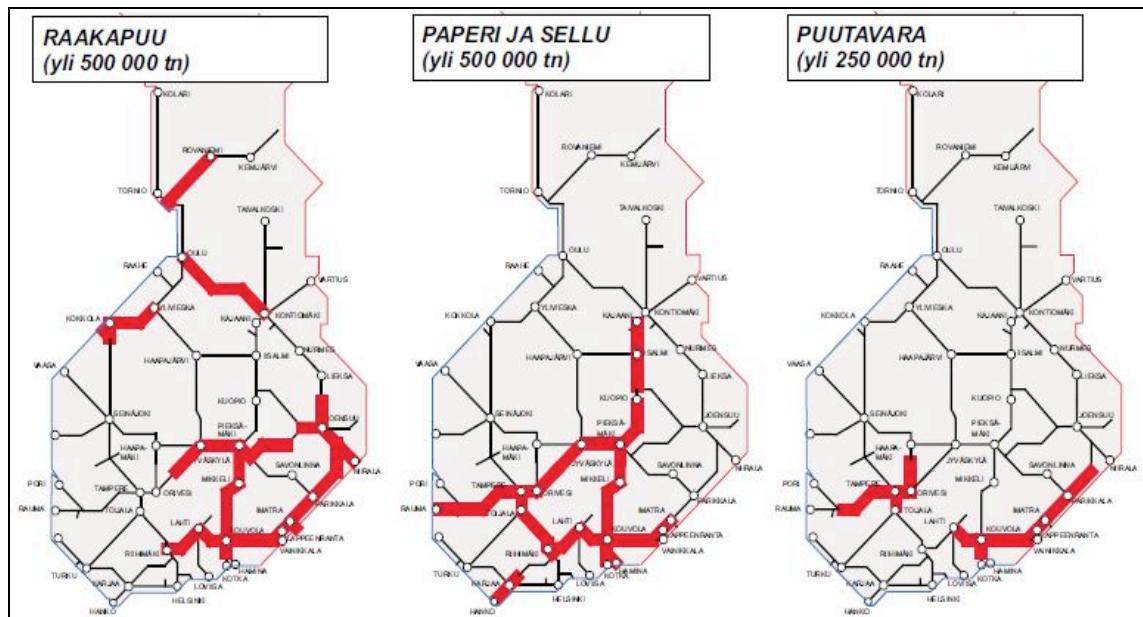




**Kuva 2.8** Rautateiden palvelutasot tavaraliikenteessä 2008. [22]

Suuri osa raakapuun kuormauspaikoista sijaitsee sähköistämättömien rataosuuksien varrella. Tämä lisää dieselvedon osuutta raakapuun kuljetuksissa. Koska dieselvedon osuutta ei tilastoida tuoteryhmittäin, tutkimuksessa joudutaan arvioimaan raakapuun kuljetuksissa käytettävien dieseljunien osuus kokonaissuoritteesta. Arvio on tehty pohjautuen liitteiden 2 ja 3 raakapuvirtakarttaan sekä sähköistettyjen rataosuuksien karttaan. Dieselvedon osuutta lisää myös se, että yleensä siirryttäessä sähköistämättömältä rataosuudelta sähköistetyille ei veturia vaihdeta. Kuljetus suoritetaan joko suoraan määränpäähän tai vetotapaa muutetaan lajitteluratapihalla vaunujen lajittelun jälkeen. Myös Venäjältä rautateitse tuotava puu ja hake kuljetetaan dieselvedolla. [23] Tämän vuoksi dieseljunien osuus on suurempi näiden raaka-aineiden kokonaissuoritteissa. Tässä tutkimuksessa dieselvedon osuudeksi on laskettu raakapuun osalta 70,1 % kokonaissuoritteesta ja hakkeen osalta 70,4 %. Muissa tuoteryhmissä on käytetty edellä mainittua keskiarvoa (28,8 %) dieselvedon veto-osuudesta. Kun huomioon otetaan kaikki metsäteollisuuden rautatiekuljetukset vuodelta 2008, tarkasteluvuonna dieselvedon osuus oli 49,4 % ja sähkövedon osuus 50,6 %. [20 s. 40]

Tuotekuljetusten osalta rautatieliikenne tuotantopaikoilta satamiin on merkittävässä roolissa. Vuonna 2008 massa- ja paperiteollisuudessa junakuljetuksia käytettiin 9 miljoonan tonnin kuljettamiseen. Samana vuonna tuotanto oli hieman yli 14 miljoonaa tonnia, joten rautateillä kuljettiin siis noin kaksi kolmasosaa massa- ja paperiteollisuuden tuotteista. Kuvassa 2.9 on metsäteollisuuden kuljetusten kannalta käytetyimmät rataosuudet tavararyhmittäin jaoteltuna. Kartat heijastavat metsäteollisuuden tuotantolaitosten sijainteja Suomessa. [24 s. 17]



**Kuva 2.9** Metsäteollisuuden kuljetusten vilkkaimmat rataosuudet 2001. [18 s. 18]

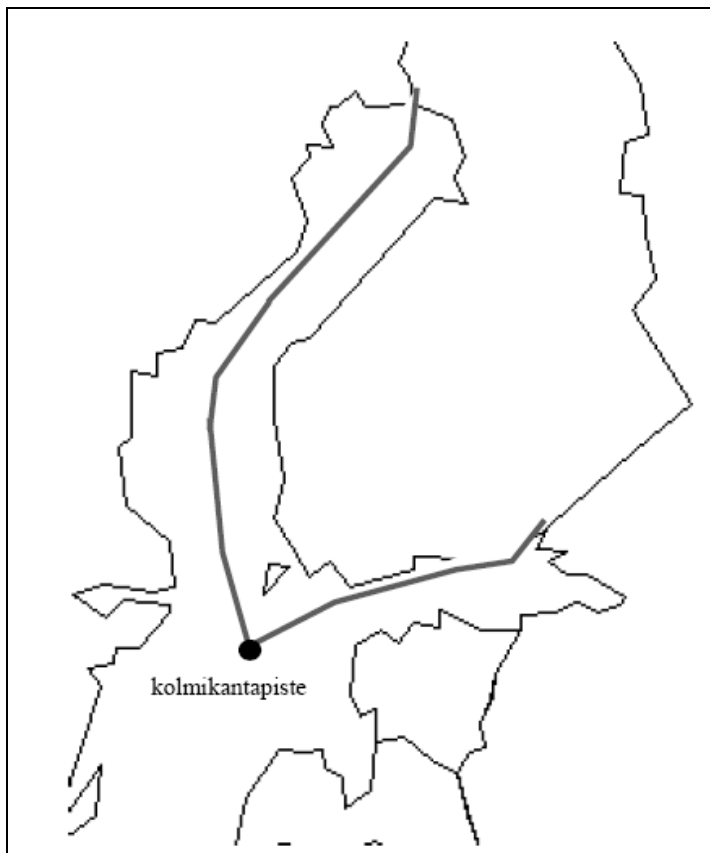
Ulkomaankaupan suhteen Suomen asema on logistisesti lähes saarivaltion kaltainen, minkä vuoksi **merikuljetusten** rooli on vientikuljetuksissa merkittävä. Metsäteollisuuden päätuotteista liki 90 % menee vientiin, ja tämän vuoksi vientikuljetuksiin tarvitaan paljon rahtialuskapasiteettia. Metsäteollisuuden tuotanto kuljetetaan maamme vientisatamista asiakkaille ympäri maailmaa. Vaikka Tanskan salmet ja Suomen satamiin johtavat väylät rajoittavatkin tänne saapuvien rahtialusten kokoa, voidaan silti satamiin liikennöidä riittävän suurilla aluksilla tehokkuuden säilyttämiseksi. Suomen ulkomaankauppa on meriteitse kuitenkin pääasiassa niin sanottua feeder-liikennettä, jossa tuotteet kuljetetaan Keski-Euroopan suuriin rahtisatamiin kuten Hampuri, Rostock, Rotterdam tai Malmö (Liitteet 5 - 8). Näistä feeder-satamista eteenpäin tuotteet kuljetetaan suuremmilla aluksilla asiakasmaihin. Vuonna 2008 kuljetussuoritteet olivat aluskuljetuksin koko Suomen viennissä yli 110 000 miljoonaa tonnikielometriä ja tuonnin osalta lähes 100 000 miljoonaa tonnikielometriä. [25 s. 31]

Maksimisyvytydet Suomen satamiin johtavilla väylillä ovat Sköldvikin, Kotkan ja Porin satamien 15,3 metriä väylät. Suomen satamien maksimisyvytyden määrää Tanskan salmien väyläsyvyys. Metsäteollisuuden käyttäminen rahti- ja teollisuussatamien väylien syvytydet ovat tyypillisesti kymmenen metrin luokkaa [26].

Nämä syvyydet mahdollistavat sen, että suomalaisissa satamissa lastaavien ja purkavien rahtialusten kokoluokka on 7 000 - 14 000 dwt:ä. Keskimääräinen koko vuonna 2008 oli vajaa 8000 dwt:tä. Nettovetoisuutta kuvaava dwt-arvo on Suomen liikenteessä suhteellisen pieni, johtuen väyläsyvyyksien lisäksi satamiemme pienivolyymisista tavaravirroista. [25 s. 37]

Suomen kauppalaivaston koko on 1990- ja 2000-luvuilla pienentynyt ulkomaankauppaan nähden. Vuonna 2008 sen suorite oli yhteensä 17 % viennistä ja tuonnista. Vuonna 2008 viennin osalta saksalaiset, ruotsalaiset, alankomaalaiset ja isobritannialaiset alukset vastasivat noin 60 % osuudesta. Tuonnissa venäläisten alusten osuus oli edellä esitettyjen maiden lisäksi merkittävä. Kotimaisessa rekisterissä olevan kauppalaivaston tyyppi on vaihtunut konventionaalisista aluksista RO-RO-tyyppiseksi rahtilaivastoksi. [25 s. 20 – 29]

Vesiliikenteen kuljetuksista suuri osa on kansainvälistä ja Suomen rajojen sisäpuolella kuljetetaan tavaraa pienempiä volyymeja. Arvioitaessa kotimaan sisällä suoritettujen kuljetustapahtumien ympäristökuormitusta käytetään rajoina yleisesti Suomen aluevesirajoja. Kuljetusetäisyys määritetään talousaluerajan uloimpaan pisteeseen, niin sanottuun kolmikantapisteeseen, joka sijaitsee Ahvenanmaan eteläpuolella (kuva 2.10). Myös tässä tutkimuksessa on suoritettu ympäristökuormitustarkastelu, jossa tätä pistettä on käytetty tuonti- ja vientikuljetusten alku- ja päätepisteenä.



**Kuva 2.10** Kolmikantapisteen sijainti [muokattuna 27 s. 13]

## 2.4 Metsäteollisuus ja ympäristö

Metsäteollisuudessa metsien hoidon menetelmiä, tuotannon kuormittavuutta, tuotteiden ympäristösertifiointia ja metsäluonnon monimuotoisuuden vaalimista on kehitetty nykyhetkeen tultaessa. Näiden esimerkkien lisäksi ilmastonmuutos on aiheuttanut paineita ympäristöystävällisemmän energiantuotannon käynnistämiseksi. Metsäenergia on merkittävin kotimainen energianmuoto ja on tulevaisuudessa osa kestäväää energiantuotantoa Suomessa. [11 ss. 304–305]

Tutkimusten ennustama ilmaston lämpeneminen on lisännyt kuluttajien tietoisuutta kulutustottumustensa ympäristöystävällisyydestä. Kansainvälisin sopimuksin on pyritty rajoittamaan kasvihuonekaasujen päästöjä asettamalla toiminnassa aiheutuneelle hiilidioksiditonille hintalappu. Sopimuksessa on kuitenkin aukkoja, sillä se ei kata kaikkia toimijoita eikä teollisuuden toimintoja. Suomalainen metsäteollisuus on saanut vähennettyä hiilidioksidipäästöjään vuoteen 1990 verrattuna enemmän kuin mitä Kiotossa 1997 tehty sopimus edellyttää. [28 s. 3 – 4]

Monille metsäteollisuuden tuotteille on laskettu hiilijalanjälki, mikä kertoo tuotteen valmistamisen aiheuttaman kasvihuonevaikutuksen raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi. Kahdenkymmenen vuoden aikana tuotteiden elinkaaren hiilidioksidipäästöt ovat laskeneet keskimäärin 40 %. Tähän on pystytty korvaamalla esimerkiksi fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla biopolttoaineilla (taulukko 2.2, kuva 5.6).

Yhteensä puuperäisiä polttoaineita teollisuudessa käytettiin Suomessa 248 petajoulen verran. Määrä vastaa yli viidennestä kotimaan vuotuisesta energiantarpeesta. Tästä energiamäärästä suuri osa syntyy selluteollisuudessa mustalipeän poltosta sekä metsäteollisuuden sivutuotteena syntyvien kuori- ja puruvirtojen hyödyntämisestä energiantuotannossa. Metsäteollisuudessa on pystytty vähentämään 86 % myös tuotannossa syntyviä rikkioksidipäästöjä tuotettua tonnia kohti vuodesta 1992. Tämä vähentää ympäristölle koituvaa rikin happamoittavaa vaikutusta. [28 s. 3 – 4; 12 s. 275]

**Taulukko 2.2.** *Metsästä ja metsäteollisuuden tuotannosta sivutuotteena saatujen biopolttoaineiden määrä vuonna 2008.* [18 s. 284]

<b>Raaka-aineen käyttö:</b>	<b>Miljoonaa kuutiometriä</b>
Puru/lastu/pöly	1,6
Kuori	7,1
Metsähake	4,7
Puutähdehake	0,8
Kierrätyspuu	0,7
<b>Yhteensä:</b>	<b>14,9</b>

Vesistöihin tuotannosta aiheutuvaa kuormitusta on pystytty vähentämään metsäteollisuudessa viimeisten vuosikymmenten aikana. Tuotannossa pyritään minimoimaan vesistökuormitus jätevesien puhdistamisella. Tuotannosta vesistöihin päässeän rehevöittävän ja happea kuluttavan orgaanisen aineen määrää kuvaava COD-luku on vähentynyt 65 % vuodesta 1992. [29 ss. 88 - 101; 57 s. 342]

### 3 TAVARALIIKENTEEEN SUORITE JA KULJETUSTEN PÄÄSTÖT

Hyödykkeiden kuljettaminen on aina välttämättömyys, silloin kun niiden valmistaminen ja käyttö sijaitsevat eri paikoissa. Nyky-yhteiskunnassa edellä mainitun kaltainen tilanne on pikemminkin sääntö kuin poikkeus. Alati globalisoituvassa maailmankaupassa kuljettamisen tarve on lisääntynyt ja tulee myös tulevaisuudessa lisääntymään. Näin on myös metsäteollisuuden tapauksessa.

Liikenteen suoritemäärät ovat kasvaneet Suomessa jatkuvasti 2000-luvulle saakka pois lukien 1990-luvun alun lamavuodet. Suoritemäärien kasvu on johtunut kuljetettavan tavarán määrán kasvamisesta ja erityisesti henkilöliikenteen määrán voimakkaasta lisääntymisestä. Koko 2000-luvun tavaraliikenteen kuljetussuoritemäärät ovat olleet suhteellisen stabiilit. Taulukossa 3.1 on kuvattu tavaraliikenteen suorite 2000-luvulla. Siitä voidaan huomata kuljetussuoritteiden kasvaneen vuodesta 2000 ennätysvuoteen 2008 vain 2,4 prosentilla. Myös kuljetusmuotojen jako on ollut lähes muuttumaton. [30]

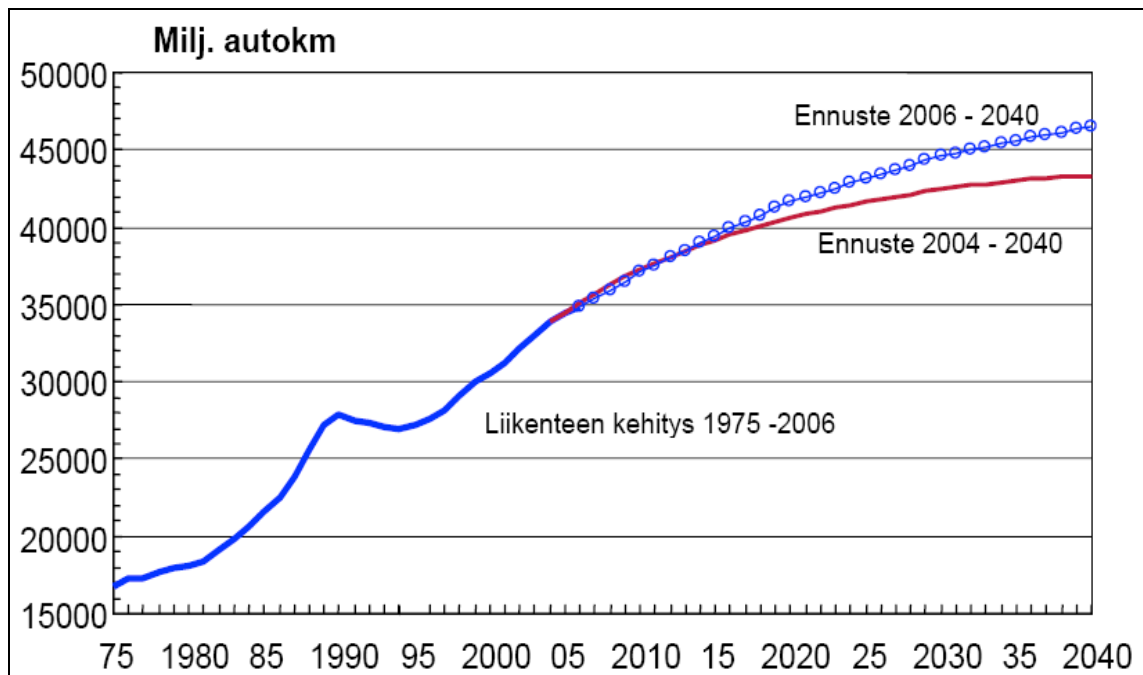
**Taulukko 3.1.** *Tavaraliikenteen kuljetussuoritteet kuljetusmuodoittain.* [30]

	Tieliikenne		Tieliikenne yhteensä	Rautatie-liikenne	Vesiliikenne		Tavara-liikenne yhteensä
	Kuorma-autot	Paketti-autot			Alus-liikenne	Uitto	
	mrd.tkm						
2009	24,3	0,9	25,2	8,9 <sup>2)</sup>	2,6	0,2	36,9
2008	27,6	0,9	28,5	10,8 <sup>2)</sup>	3,0	0,2	42,5
2007	26,0	0,9	26,9	10,4 <sup>2)</sup>	3,0	0,1	40,4
2006	25,5	0,9	26,4	11,1 <sup>2)</sup>	2,7	0,3	40,5
2005	27,8	0,9	28,7	9,7 <sup>2)</sup>	2,3	0,3	41,0
2004	27,3	0,9	28,2	10,1 <sup>2)</sup>	2,6	0,2	41,2
2003	26,9	0,9	27,8	10,0 <sup>2)</sup>	2,6	0,3	40,7
2002	28,1	0,9	29,0	9,7 <sup>2)</sup>	2,9	0,3	41,9
2001	26,7	0,9	27,6	9,9 <sup>2)</sup>	2,7	0,3	40,5
2000	27,7	0,9	28,6	10,1 <sup>2)</sup>	2,5	0,3	41,5

Yleisesti liikenteen suoritemäärät korreloivat niiden aiheuttaman ympäristökuormituksen kanssa. Liikenteen määrán kasvun aiheuttamaa ympäristökuormitusta pienentää osaltaan kehittyvä ajoneuvo- ja polttoainetekniikka ja toisaalta heikentää tavaraliikenteen kuljetuksissa havaittu eräkokojen pienenemisen aiheuttama tehokkuuden aleneminen.

### 3.1 Liikenne-ennusteet Suomessa ja Euroopassa

Liikenne- ja kuljetusmääräennusteet ovat merkittävässä asemassa liikenteen tulevaisuuden ympäristökuormitusta ennustettaessa. Uusin liikennemääräennuste on vuodelta 2007 ja se ulottuu vuoteen 2040. Sen mukaan liikenne kasvaa Suomessa vuoteen 2040 seitsemän prosenttia nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Kuvassa 3.1 on tieliikenteen suoritelmäärät Suomessa ja kaksi eri vuosina, ja täten eri pohjatiedoin tehtyä ennustetta.



**Kuva 3.1** Tieliikennesuorite Suomessa 1975–2006 ja ennuste 2007–2040. [31 s.19]

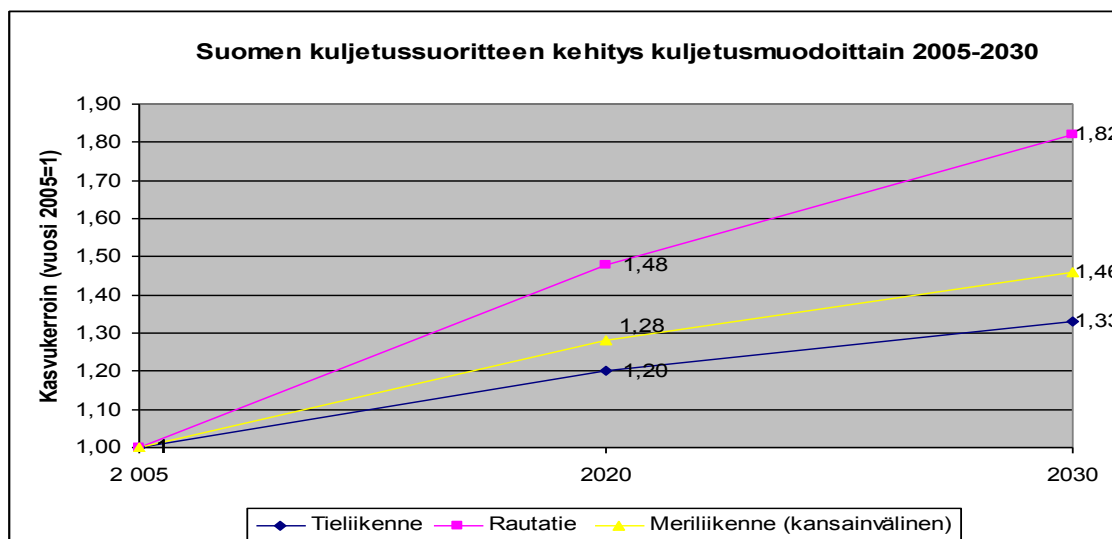
Tavaraliikenteen kasvun kehittyminen on korreloinut suurelta osin talouden kehittymisen kanssa. Koska Suomen talous on riippuvainen viennistä, heijastuu tavaraliikenteen kehittyminen globaalin maailmantalouden tilasta. Koska Suomen tärkeimmät vientialueet sijaitsevat Euroopassa, Euroopan komission kuljetusennuste on lähtökohdiltaan hyvä myös suomalaisen vientiteollisuuden tavaraliikenteen ennustamiseen Euroopan laajuisesti. Vain noin kolmasosa kotimaisen metsäteollisuuden kuljetussuoritteesta aiheutuu Suomen talousalueen sisäpuolella ja toinen kolmannes Euroopan sisäisessä liikenteessä.

Euroopan komission teettämä vuoden 2005 dataan perustuva joulukuussa 2009 valmistunut tutkimus Euroopan liikennevirroista vuonna 2030, ennustaa kuljetusten merkittävää kasvua Euroopan sisämarkkinoilla. Taulukossa 3.2 on esitetty tutkimuksen ennusteet sekä henkilö- että tavaraliikenteen kasvulle vuodesta 2005 vuoteen 2030. SED-ennuste (Sustainable Economic Growth) on suurempi kuin perusskenaario johtuen mallin ennustamasta suuremmasta talouskasvusta. Perusskenaario pitää sisällään ”business as usual”-tyyppisen talouden kasvun ja ennakoitujen liikenneinfrastruktuuriin liittyvien hankkeiden toteutumisen (TEN-T hankkeet) Euroopassa. [32 s. 21–22, 27]

**Taulukko 3.2 Henkilö- ja tavaraliikenteen kehitys Euroopassa 2005–2030.** [32 s. 21]

	Liikennemuoto (1000 milj. hkm. / 1000 milj. tkm.)	Suorite 2005	Perus- skenaario tilanne 2030	Kasvuodote 2005/2030	SED skenaario 2030	SED kasvuodote perus- skenaarioon
<b>Henkilö- liikenne</b>	Tieliikenne	4 507	6 076	35 %	6 763	11 %
	Rautatie, kaukoliikenne	375	659	76 %	787	19 %
<b>Rahti- liikenne</b>	Tieliikenne	1 712	2 442	43 %	2 596	6 %
	Rautatie	447	797	78 %	894	12 %
	Sisävesikuljetus	130	181	39 %	207	14 %

Edellä mainittu tutkimus ennustaa Suomen kuljetusmäärien kehityksen kuvan 3.2 esittämällä tavalla. Rautatiekuljetuksille ennustettua markkinaosuuden nopeaa kehitystä tukee rautatiekuljetusten kilpailun avautuminen, joka toistaiseksi on ollut kuitenkin hidasta. Keskimääräistä suurempi suoritemäärän kasvaminen kasvattaisi rautatiekuljetusten markkinaosuutta. [32 s. 66]

**Kuva 3.2 Ennustettu kuljetussuoritteiden kehitys Suomessa 2005-2030.** [32 s. 61, 68]

Kansainvälisen rahdin määrän ennustetaan kasvavan maiden sisäistä määrää enemmän. Globalisaation lisääntyminen kasvattaa entisestään kuljetussuoritteita sekä Euroopan sisämarkkinoilla että vienti- ja tuontiliikenteessä. [32 s. 66]

### 3.2 Kuljetusten energiankulutus ja polttoaineet

Liikenne kuluttaa energiaa Suomessa vuodessa noin 230 petajoulea, josta tavaraliikenteen osuus oli vajaa kolmasosa. Valtaosa tästä energiasta on peräisin fossiilisista polttoaineista. Sähköenergian kulutus kokonaismäärästä on hieman yli prosentti, ja se on rautatieliikenteen kuluttamaa. Samana vuonna koko Suomen energiankulutus oli 1420 petajoulea, joten liikenteen osuus energian kulutuksesta on Suomessa noin 16 % [33]. Liikenteen käyttämä energian määrä on ollut hienoisessa kasvussa viime vuosina.

Öljyjalosteiden lisäksi liikenteessä käytettyjä polttoaineita ovat esimerkiksi maakaasu ja nestekaasu. Fossiilisten polttoaineiden hinnat ovat kohonneet pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. Energian hinnalla on vaikutus liikennemääriin ja kuljetuskustannuksiin. Tieliikenteessä polttoainekustannus on 15 – 30 % kuljetuksen kokonaiskustannuksesta. Runsaasti kuljetuspalveluja käyttävien teollisuudenalojen näkökulmasta energian hinnalla on kustannusten vuoksi merkitystä. Taulukossa 3.3 on esitetty Suomen liikenteessä käytettyjen energialähteiden jakauma vuodelta 2009. Laman seurauksena liikennesuoritemäärät laskivat, joten polttoaineita käytettiin yhteensä 4 % tämän tutkimuksen tarkasteluvuotta vähemmän. [17]

**Taulukko 3.3** *Liikenteen energialähteiden jakauma Suomessa 2009.* [34; 35]

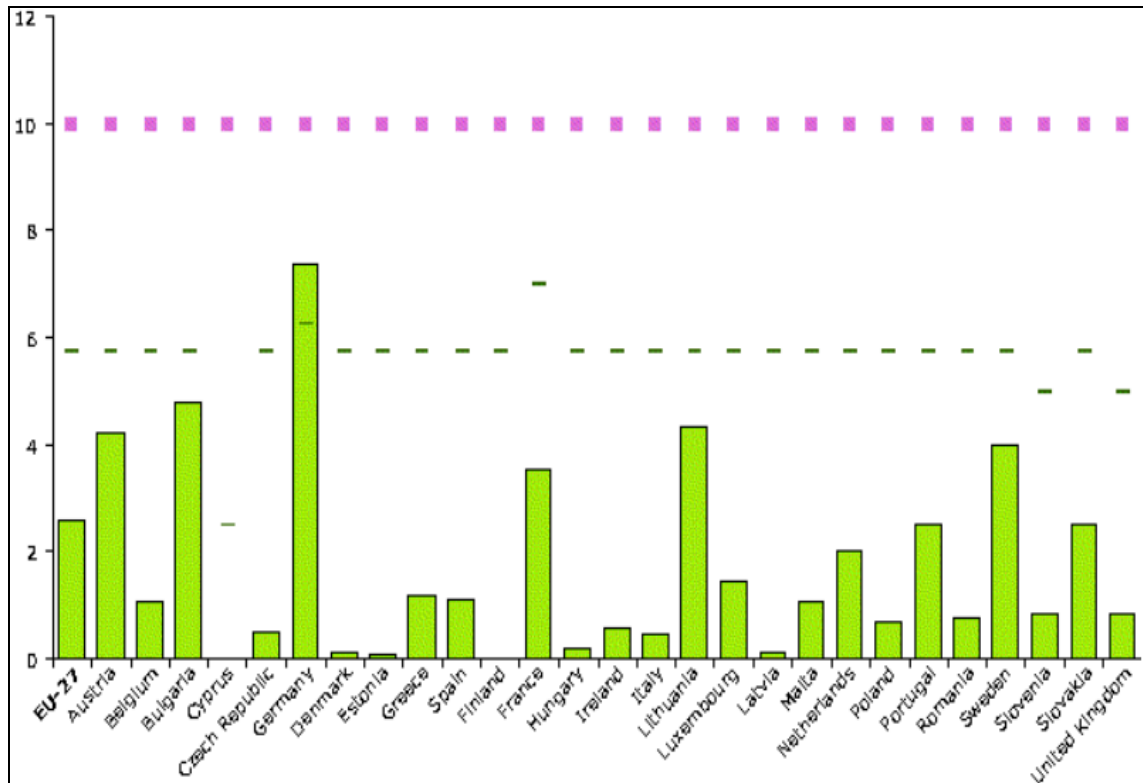
<b>POLTTOAINE</b>	<b>KÄYTETTY MÄÄRÄ (1000t)</b>	<b>LÄMPÖARVO (MJ/kg)</b>	<b>ULKOMAAN LIIKENNE (1000t)</b>	<b>KULUTETTU ENERGIA (PJ)</b>
Bensiini 95	1 589	44	-	69,9
Bensiini 98	125	44	-	5,5
Diesel ja moottoripolttoöljy	2 177	42,7	48	92,8
Raskas polttoöljy	858	41,2	206	35,3
Lentopetroli	131	44,1	495	12,0
Maakaasu (CNG)	2	42,7		0,1
Biopolttoaineet yht. *	270	38 (biodiesel)		10,3
Sähkö	2,4 PJ			2,4
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>218,0</b>

\* sisältyy bensiinin ja dieselöljyn määriin.

Raskas polttoöljy käytetään meriliikenteessä ja sen osuus meriliikenteen käyttämästä energiasta on 90,6 % ja loppuosuus käytetystä energiasta on moottoripolttoöljyä. Lentopetroli kulutetaan ilmailuliikenteessä. Rautatieliikenne kulutti sähkön lisäksi moottoripolttoöljyä (kuva 3.4) 42,8 miljoonaa litraa (noin 1,5 petajoulea) vuonna 2008.

Koska fossiilisten polttoaineiden katsotaan lisäävän kasvihuoneilmiötä, EU on asettanut liikennekäytössä olevien polttonesteiden biokomponentille vähimmäisosuuden. Nämä vähimmäisosuustasot säätelevät sitä, kuinka suuri osuus myytävästä polttoaineesta on oltava biopohjaista. Kuvassa 3.3 on esitetty biokomponenttien osuus käytetystä polttoaineesta vuonna 2007, sekä EU:n vuonna 2003 asettamat tavoitetasot, joita osa valtioista on tarkentanut vastaamaan omia mahdollisuuksiaan. Vihreä katkoviiva esittää vuotta 2010 ja violetti vuotta 2020. Suomessa biopolttoaineiden osuus käytetystä liikennepolttoaineesta oli 2 % vuonna 2008. Suomen tavoitetasot ovat EU:n biopolttoainedirektiivin mukaiset. Biopolttoaineita käsitellään VTT:n laskentamalleissa siten, että ne laskennallisesti ovat hiilineutraaleja. Toisin sanoen niiden lisääminen tietyllä prosenttiosuudella vähentää hiilidioksidipäästöjä vastaavalla määrällä, edellyttäen ettei energiankulutus kasva. [4 s.18; 37 s. 31; 38]





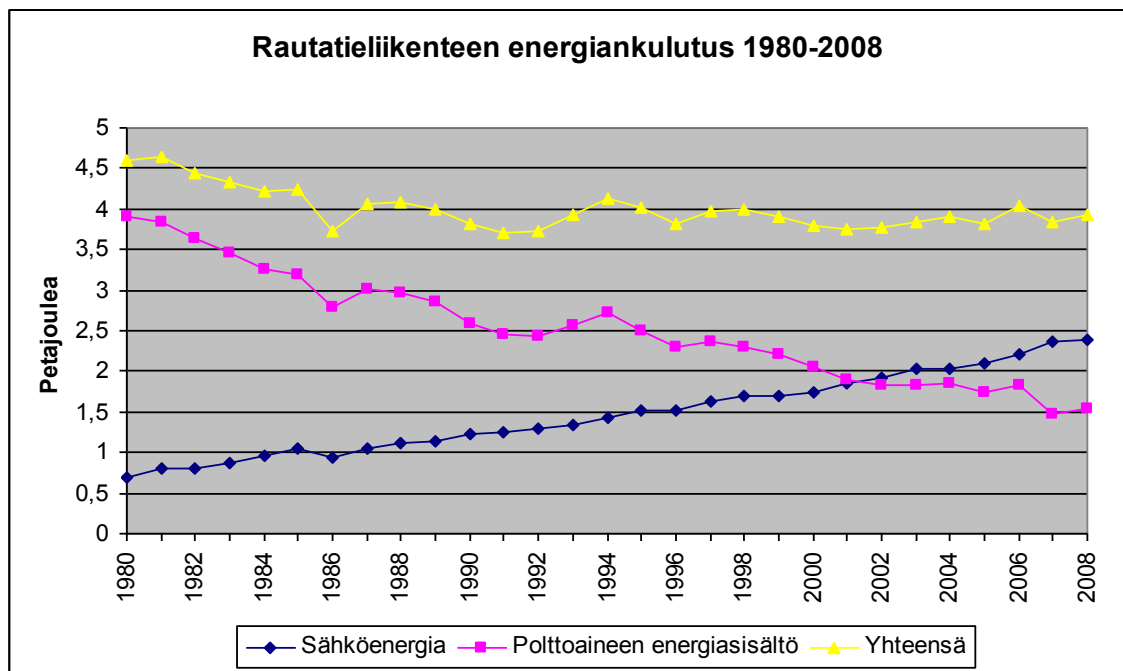
**Kuva 3.3** Biokomponentin prosenttiosuus käytetystä polttoaineesta EU-maissa 2007 sekä EU:n asettamat tavoitetasot. [38]

**Tieliikenteen** osuus energiankulutuksesta on yli kaksi kolmasosaa, josta tavarankuljetuksen osuus on noin kolmasosa. Tavaraliikenne kuluttaa noin 18 %, kun otetaan huomioon koko kotimaan liikenteen energiankulutus. [4 s. 19] Tieliikenteen osuus Suomen sisäisissä kuljetuksissa on yli 50 prosenttia kuljetussuoritteesta. Siksi tieliikenteessä on suurin potentiaali pienentää ympäristökuormitusta. Taulukossa 3.3 on esitetty Suomen liikenteen päästöt päästötyypeittäin vuonna 2008.

**Taulukko 3.3** Suomen tavaraliikenteen päästöt ja energiankulutus vuonna 2008. [34]

	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	PJ
LIIKENNEMUOTO	CO	HC	NOx	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	polttoaine	Energia
TIE	7 370	3 235	18 100	20	3 038 535	985 004	42
RAUTATIE	350	144	2 518	65	157 136	31 901	3
VESI	2 178	984	38 245	14 982	1 889 583	585 239	24
ILMA	337	28	303	22	86 827	27396	2
<b>TAVARALIIKENNE YHTEENSÄ</b>	10 235	4 391	59 166	15 089	5 172 081	1 629 540	71
<b>Suomen liikenne yhteensä</b>	221 117	29 059	112 104	18 177	16 387 967	5 114 882	228

VR:n operoima **rautatieliikenne** oli Suomessa 53,3 miljoonaa junakilometriä vuonna 2008. Tästä henkilöliikenteen osuus oli noin kaksi kolmannesta ja tavaraliikenteen osuus oli kolmasosa. Rautatieliikenne käytti 2,4 petajoulea energiaa tutkimuksen tarkasteluvuonna ja dieselpolttoainetta 42,8 miljoonaa litraa, mikä energiasisällöltään vastaa 1,5 petajoulea. Trendi on ollut, että energiankulutuksesta sähkön osuus on kasvanut ja polttoaineiden osuus pienentynyt (kuva 3.4). Henkilöjunaliikenteessä polttoainetta käyttää enää 16 yksikköä kiskobusseja. Myös tavaraliikenteessä dieselvedon osuus on pienentynyt. VTT:n tekemät rautatieliikenteen päästölaskennat ottavat huomioon sähkönsiirrosta aiheutuvat siirtohäviöt, jotka ovat 6 % kokonaisenergiasta. [20 s. 28]



**Kuva 3.4** Rautatieliikenteen (VR Group) energiakulutus 1980–2008. [muokattu 20 s.32]

**Vesiliikenne** kulutti 42,7 petajoulea energiaa vuonna 2008, josta tavaraliikenteen osuus oli 24 petajoulea. Vaikka kuljetusmuodoista aluskuljetus on energiatehokkain, suurten kuljetusvolyymien vuoksi se käyttää kolmasosan tavaraliikenteen vuotuisesta energiantarpeesta. Energiankulutukseen vesiliikenteessä vaikuttaa Suomen käymän ulkomaankaupan määrä. Koska samoilla aluksilla kuljetetaan usein sekä rahtia että matkustajia, rahtiliikenteen energiankulutuksen ja päästömäärien osuudet joudutaan erottamaan henkilöliikenteestä. Lisäksi vesiliikenteen energiankulutus ja päästöt jaetaan satama- ja väyläajon osuuksiin (kuva 3.5). [27 s. 46]

Kuljetusmuodoista **ilmaliikenne** kuluttaa kuljetettuun massaansa verrattuna eniten energiaa ja aiheuttaa eniten päästöjä. Koska pelkästään ilmaliikenteen rahtikuljetusten ympäristökuormitusta ei ole selvitetty Suomessa, rahdin osuudeksi ilmaliikenteen energiankulutuksesta ja päästöistä on allokoitu kymmenen prosenttia. Ilmaliikenne on keskittynyt voimakkaasti henkilöliikenteeseen, vaikka rahtikuljetusten määrä on kasvanut viime vuosina enemmän kuin henkilöliikenteen.

Lentorahdille on tyypillistä, että suurin osa rahdista kuljetetaan matkustajakoneiden ruumassa. Rahdin määrä oli noin 158 000 tonnia vuonna 2008, josta kansainvälistä rahtia oli 95 %. Matkustajia henkilöliikenteessä oli yhteensä 17,5 miljoonaa, joista ulkomaille suuntautuneita matkoja oli 10,5 miljoonaa. [37 s. 34; 36 s. 45]

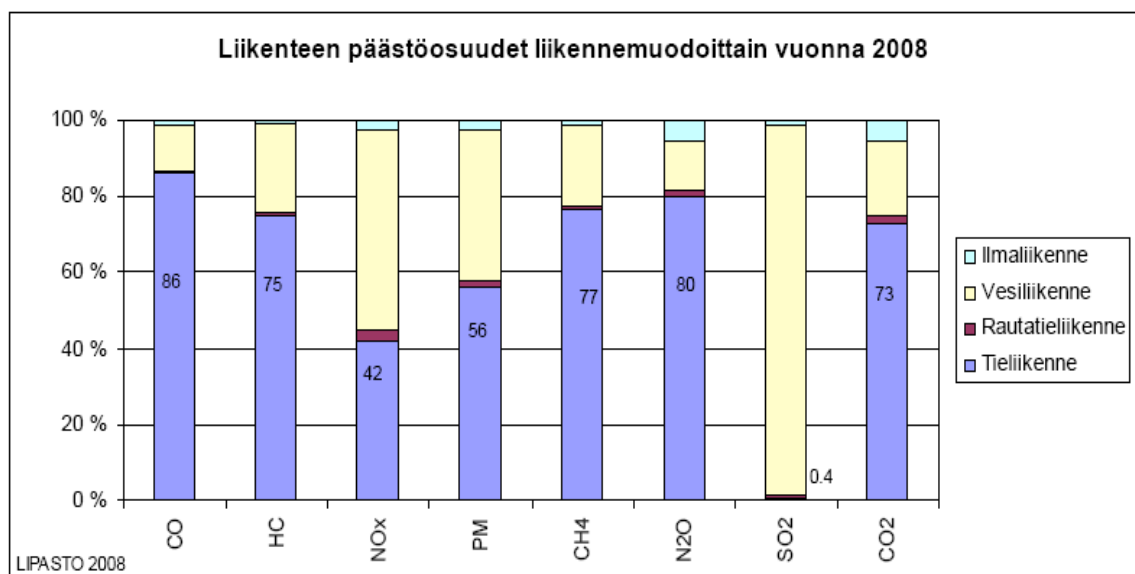
### 3.3 Kuljettamisen päästöt

Kuljetustapahtuman päästöt syntyvät tavaran kuljettamisesta, lastin käsittelystä ja tarvittaessa kuljetustapahtumaan lisätään tyhjänä ajon osuus.

#### 3.3.1 Päästölajit ja päästöjen muodostuminen

Suurin osa liikenteen päästöistä aiheutuu fossiilisten polttoaineiden palamisesta liikennevälineiden moottorissa ja syntyvistä palamiskaasuista. Liikenteen pakokaasupäästöistä merkittävimmät ovat hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ), –monoksidi ( $\text{CO}$ ), hiilivety-yhdisteet ( $\text{HC}$ ), typen ja rikin oksidit ( $\text{NO}_x$ ), ( $\text{SO}_x$ ) sekä hiukkaspäästöt. Polttoainetta poltettaessa moottorissa syntyy sekä polttoaineelle että käytetylle moottorityypille ominaisia pakokaasukomponentteja. [4 s. 31]

**Hiilidioksidia** syntyy kaikessa fossiilisen aineen palamisreaktiossa, jossa happea on riittävästi mukana. Hiilidioksidia syntyy stoikiometrisessä palamisessa 2635 grammaa, kun poltetaan litra dieselpolttoainetta. Hiilidioksidilla ei ole todettu olevan ympäristöä saastuttavaa tai terveydelle haitallista vaikutusta, mutta kun sitä pääsee suuria määriä ilmaan, on sen havaittu aiheuttavan kasvihuoneilmaston lisääntymistä. EU pyrkii osaltaan vähentämään liikenteen aiheuttamaa hiilidioksidimäärää säättämällä uusien henkilöautojen hiilidioksidipäästöille rajoituksia. Ilmastonmuutoksen takia hiilidioksidipäästöjen kehitys on liikenteen ympäristökuormituksen seuratuimpia trendejä. Liikenne aiheuttaa noin viidenneksen Suomen hiilidioksidipäästöistä ja tieliikenne siitä kolme neljänestä (kuva 3.5). [4 s. 33]



**Kuva 3.5** Liikenteen päästöosuudet eräiden päästökomenttien osalta. [37 s. 42]

**Hiilimonoksidi** eli häkä syntyy polttoaineen epätäydellisen palamisen seurauksena. Häkää syntyy erityisesti moottorin ollessa kylmä. Häkä muuttuu nopeasti ilmassa hiilidioksidiksi, eikä sillä ole välitöntä haittaa terveydelle tai lähiympäristölle. Bensiinikäyttöiset henkilöautot aiheuttavat lähes kaiken liikenteen häkäpäästöistä, sillä dieselmoottorit toimivat ilmaylijäämällä eli happirikkaalla seoksella. Liikenne aiheuttaa noin puolet Suomen hiilimonoksidipäästöistä. [4 s. 31]

**Hiilivety-yhdisteet** pitävät sisällään useita erimittaisia polttoaineen sisältämiä hiilivetyketjuja, ja ne syntyvät epätäydellisen palamisen tai polttoaineen haihtumisen seurauksena. Niille on tyypillistä reaktioherkkyys muiden yhdisteiden kanssa niin, että ne muodostavat esimerkiksi voimakasta kasvihuonekaasua metaania. Liikenteen osuus hiilivety-yhdisteistä on Suomessa noin kolmannes (kuva 3.5). Osa hiilivety-yhdisteistä on polyaromaattisia eli PAH-yhdisteitä, joilla on terveydelle haitallisia vaikutuksia. Noin kolme neljäsosaa Suomen hiilivetyypäästöistä aiheutuu tieliikenteestä ja suurin osa tästä määrästä syntyy tiekuljetuksista. [4 s. 31–32]

**Typen oksideja** muodostuu, kun palaminen tapahtuu korkeassa lämpötilassa. Tällöin ilmassa oleva molekyylinen typpi yhdistyy hapen kanssa. Typen oksidit ovat haitallisia keuhkojen toiminnalle ja synnyttävät ilmakehässä muuttuessaan typpihappoa  $\text{HNO}_3$  ja otsonia  $\text{O}_3$ . Myös typpioksideista kolme neljäsosaa syntyy liikenteessä. Tieliikenteen osuus on tästä lähes puolet (kuva 3.5). Dieselmoottoriset liikennevälineet aiheuttavat valtaosan typpioksidipäästöistä, mutta uusien pakokaasun puhdistusmenetelmien johdosta moottoreiden typpioksidipäästöjä on saatu pienennettyä. [4 s. 32]

**Rikkidioksidipäästöjä** syntyy, mikäli polttoaine pitää sisällään alkuaine rikkiä. Nykyaikainen moottori ei tarvitse rikkiä toimiakseen, esimerkiksi moottorin voiteluun. Tieliikennepolttoaineet ovat nykyisin Euroopan unionin alueella rikittömiä, mutta meriliikenteen polttoaineet sisältävät rikkiä maksimissaan 4,5 % polttonesteen massasta. Suurin osa suomalaisen liikenteen rikkidioksidipäästöistä syntyy juuri meriliikenteessä (kuva 3.5), vaikka suomen metsäteollisuuden päämarkkina-alueille Itämeren rannikolle johtavilla väylillä käytetään vähärikkisempää, keskimäärin 1,3 % rikkiä sisältävää polttoainetta. Itämerellä suurin sallittu polttoaineen rikkipitoisuus on 1,5 massaprosenttia. Kaikkiaan liikenteen osuus Suomen rikkidioksidipäästöistä on noin viidennes. [4 s. 32–33; 27 s. 19–20]

**Hiukkaset** ovat tyypillisesti hienojakoista hiiltä, joka ei ole moottorissa vallitsevan paikallisen happivajauksen takia palanut loppuun. Syntynyt noki aiheuttaa terveyshaittoja hengityselimistössä. Hiukkaspäästöistä suurin osa syntyy dieselmoottoreissa, joskin nykyisin yleistyneet hiukkaskatalysaattorit puhdistavat yli 90 % nokipäästöistä. [4 s. 33]

Edellä lyhyesti esitettyjä päästöjä kontrolloidaan ja pyritään rajoittamaan lainsäädännöllä. Näiden lisäksi liikenne aiheuttaa useita muita päästökomponeentteja, joista osa on lueteltu taulukossa 3.5. Nämä ovat niin sanottuja sääntelemättömiä päästöjä, joita ei lainsäädännöllisesti rajoiteta millään tavalla. Niistä monilla on suurina annoksina toksisia vaikutuksia, mutta niitä aiheutuu liikenteessä yleensä vain pieniä määriä. [4 s. 33–34]

### 3.3.2 Tyypillisiä päästöjä eri kuljetusmuodoille

**Tieliikenteessä** käytössä olevat dieselpolttonesteet ja bensiini ovat erimittaisista hiilivetyketjuista muodostuvia polttoaineita. Jokaista palanutta bensiinilitraa kohden syntyy noin 16 kiloa pakokaasua, josta 70 % on typpeä, 15 % hiilidioksidia ja 10 % vettä. Jäljelle jäävä viisi prosenttia sisältää useita moottorin epätäydellisestä palamisesta johtuvia pakokaasukomponentteja. Tästä noin prosentti on terveydelle ja ympäristölle haitallisia komponentteja. [4 s. 36 - 37]

Valtaosa Suomessa olevista henkilöautoista on bensiinikäyttöisiä, mutta tavaraliikenteen tiekuljetusvälineet ovat dieselillä toimivia. Molemmilla moottorityypeillä on ominainen pakokaasuprofiili, johon vaikuttaa muun muassa ajonopeus, moottorin lämpötila ja kuormitus ja käytettävän tekniikan ikä. Teknisillä ratkaisuilla, kuten kolmitoimikatalysaattori (vähentää bensiinimoottorien NO<sub>x</sub>-, CO- ja HC-päästöjä) ja hiukkassuodatin (vähentää dieselmoottorien hiukkaspäästöjä) on saatu tieliikenteen päästöjä vähenemään merkittävästi. [4 s. 37]

Koska tieliikenteen osuus on pakokaasupäästöissä globaalisti merkittävä, on myös tieliikennevälineiden päästöihin kiinnitetty ensimmäisenä huomiota ja päästömääriä on ryhdytty rajoittamaan. Moottoreiden päästörajoituksia on säädetty Euroopan komissiossa jo 1970-luvulta lähtien. Ajoneuvotekniikan kehittymisen lisäksi myös polttoaineen laadun kehittämiseen tähtäävät toimet ovat poistaneet lisäaineista, kuten lyijystä ja rikistä aiheutuvista päästöistä johtuvia ympäristöhaittoja. Taulukossa 3.4 on esitetty EURO-päästöluokkien kehittyminen niiden käyttöönoton jälkeen. Suurin osa EURO-normien rajoittamista pakokaasukomponenteista on pudonnut murto-osiin rajoitusten tiukkenemisen johdosta.

**Taulukko 3.4** *EURO-päästöstandardien kehitys raskaissa dieselmoottoreissa.* [39]

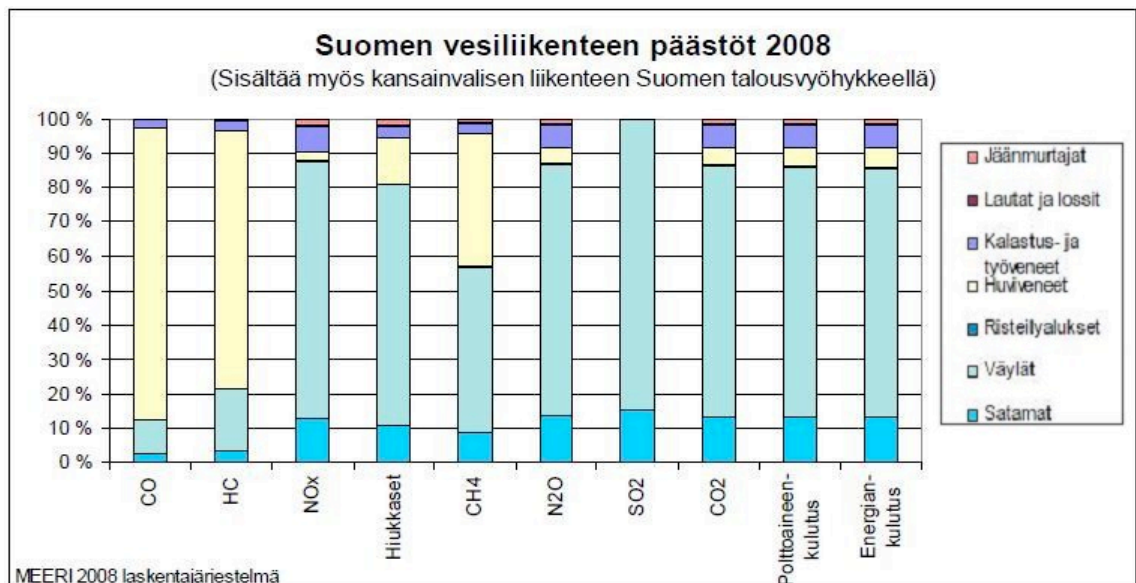
<b>Raskaiden dieselmoottoreiden EURO-päästöstandardit</b>					
<b>STANDARDI</b>	<b>VOIMAANTULO</b>	<b>Säädelty pakokaasukomponentti</b>			
		<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM</b>
EURO 0	1988	11,2	2,4	14,4	ei rajoit.
EURO 1	1992	4,5	1,1	8	0,612
EURO 2	10/1996	4	1,1	7	0,25
	10/1998	4	1,1	7	0,125
EURO 3	10/2000	2,1	0,66	5	0,1
EURO 4	10/2005	1,5	0,46	3,5	0,02
EURO 5	10/2008	1,5	0,46	2	0,02
EURO 6	01/2013	1,5	0,13	0,4	0,01

**Rautatieliikenteen** päästöt muodostuvat eri tavoin kuin muiden liikennemuotojen. Kokonaispäästöt syntyvät sähköntuotannon osuudesta sekä dieselvetureiden polttonesteen kulutuksesta. Rautatieliikenteessä dieselvetoisten junien päästöt ovat rikkioksideja lukuun ottamatta suurempia kaikissa muissa päästökomponenteissa.

Sähkövetoisessa rautatieliikenteessä aiheutuneet päästöt ovat paikallisia. Päästöt rasittavat tuotantolaitoksen ympäristöä riippuen sähköntuotantotavasta. VR:n mukaan junat ovat kulkeneet hiilidioksidipäästöttömällä sähköllä vuoden 2008 alusta. Rautatieliikenteen ympäristökuormituslaskennoissa on kuitenkin käytetty Suomen sähköntuotannon päästöjen aiheuttamaa keskiarvoa eri päästökomponenteille. Koska raideliikenne on sähköistynyt voimakkaasti ja sähkön tuotannon ympäristöpäästöt ovat vähentyneet, raideliikenteen osuus Suomen liikenteen kokonaispäästöistä on vähäinen. Dieselvetoisen liikenteen osuus rautateiden päästöistä on 80 - 90 % NO<sub>x</sub>-, CO-, HC-päästöjen osalta ja noin 66 % hiukkaspäästöistä. [40]

**Vesiliikenteestä** aiheutuu erityisesti rikkioksidipäästöjä mutta myös merkittävästi typpioksi- ja hiilidioksidipäästöjä. Suurin osa päästöistä on peräisin tavaraliikenteestä, tosin sekä matkustajia että rahtia liikkuu usein samoilla aluksilla. Tämä tekee päästöjen allokoinnista henkilö- ja tavaraliikenteelle muita liikennemuotoja hankalampaa.

Vesiliikenteessä päästöjen määrät riippuvat oleellisesti käytetystä liikennevälineestä, sillä alusten koot, moottorien tyypit ja käyttötarkoitukset vaihtelevat suuresti keskenään. Tämän lisäksi vesiliikenteen päästöt riippuvat siitä, liikkuvatko alukset suurilla nopeuksilla välillä, hitaasti satama-alueella vai käyvät tyhjäkäynnillä laiturissa. Väyläpäästöjen osuus on jokaisella pakokaasukomponentilla satamapäästöjä suurempi. Vesiliikenteen häkä- ja hiilivetypäästöistä huviveneiden osuus on yli 80 % ja metaanipäästöistä lähes puolet. Rahtikuljetusten osuus päästöistä on merkittävä typpi- ja rikkioksideissa. Hiilidioksidipäästöistä osuus on noin puolet vesiliikenteen päästöistä. Kuvassa 3.6 on esitetty vesiliikenteen päästöt jaoteltuna sen aiheuttajan mukaisesti päästökomponentteittain. [27 s. 28-29]



**Kuva 3.6** Vesiliikenteen päästöjen jakautuminen aiheuttajan ja komponenttien mukaisesti. [27 s. 28]

### 3.3.3 Liikenteen päästöjen vaikutukset

Polttoaineen palamisesta syntyy aina palamistuotteita, jotka ovat vaikutukseltaan sekä paikallisia että globaaleja. Käytettäessä polttomoottorilla varustettua kuljetusvälinettä ympäristölle aiheutuu paikallisia vaikutuksia pakokaasuista. Paikallisia vaikutuksia ovat pakokaasujen lähiympäristön luonnolle tai ihmisten terveydelle aiheuttamat vaikutukset. Globaalit vaikutukset ovat kasvihuonekaasujen aiheuttamia ilmaston lämpenemiseen liittyviä seurauksia. Taulukossa 3.5 on tarkasteltu tutkimuksessa olevien liikenteen päästöjen maantieteellistä vaikutusta sekä vaikutusta ihmisten terveydelle.

**Taulukko 3.5** *Liikennepäästökomponenttien kohdentuminen maantieteellisesti sekä terveysvaikutus ihmiselle.* [muokattuna 36 s. 49]

PAKOKAASU-KOMPONENTTI	Maantieteellinen vaikutusalue				Terveysvaikutus ihmiselle
	Lähiympäristö	Paikallinen	Alueellinen	Globaali	
Hiilidioksidi				x	
Hiilimonoksidi	x				x
Typen oksidit	x		x		x
Typpihappo			x		
Dityppioksidi				x	
Rikkioksidit		x	x		x
Rikkihappo	x	x	x		
Suolapartikkelit	x				x
Noki	x				
Metaani				x	
Kevyet hiilivedyt		x	x		x
Raskaat hiilivedyt	x	x			x

Pakokaasupäästöillä tiedetään olevan terveydelle ja ympäristölle haitallisia seuraamuksia, mutta niiden kaikkia vaikutuksia on hyvin hankala arvioida. Myös liikenteen melu ja värinä aiheuttavat jopa terveydelle haitallisia vaikutuksia. Näiden liikennevaikutusten esiintyminen on usein paikallista ja rajoittuu yleensä kaupunkien keskusta-alueille. [4 s. 31, 48 – 49]

Pelkkään kuljetustehtävään on mahdollista soveltaa elinkaariarviointia. Elinkaariarvioinnissa otetaan laajasti huomioon kuljetustapahtuman aiheuttamat vaikutukset. Siinä arvioidaan kuljetustapahtuman aiheuttama ympäristövaikutus ottaen huomioon esimerkiksi polttoaineen tuotannosta ja jakelusta, ajoneuvojen rakentamisesta, huoltamisesta ja käytöstä poistosta, väylien rakentamisesta ja ylläpidosta sekä luonnon ympäristön muutoksista aiheutuvien haittojen summa. [4 ss. 109 – 122]

## 4 TUTKIMUSAINEISTO, RAJAUKSET JA LASKENTAMENETELMÄ

Luvussa selvitetään tärkeimmät lähteet joista tutkimukseen tietoa on kerätty. Se kuinka tätä tietoa on tutkimuksessa sovellettu, on tutkimustulosten kannalta merkittävää. Luvussa on esitetty miten kuljetussuoritteet ja päästöjen määrä on laskettu. Lisäksi käydään läpi tutkimukseen liittyvät rajaukset.

### 4.1 Tutkimusaineisto

Tutkimuksen aineisto koostuu useasta lähteestä kerätyistä tilastoista. Luvussa on esitelty tutkimuksen tärkeimmät lähteet ja kuinka lähteiden informaatiota on hyödynnetty tutkimusmenetelmissä. Työssä käytetyt raakapuun käyttömäärät ovat Metsäntutkimuslaitoksen sekä Metsäteho oy:n ylläpitämistä tilastoista, jotka kattavat 87 % markkinahakkuista. Metsäteho tilastoi vuosittain hakkuu- ja kuljetusmäärät sekä kuljetusten keskimääräiset matkat kuljetusmuodoittain raakapuun osalta. [18]

Pigmenttien ja täyteaineiden sekä kemikaalien käyttömäärät ovat Metsäteollisuus ry:n sisäisistä tilastoista. Pigmentti- ja täyteaineiden logistisiin ketjuihin on haastateltu metsäteollisuusyritysten kuljetuksista vastaavia henkilöitä. Työssä käytetyt metsäteollisuuden tuotantomäärät ja niistä saatavat tuotekuljetusvolyymit ovat myös Metsäteollisuus ry:n tilastoista.

Edellistä, Tuomo Leskisen vuonna 2000 tehtyä tutkimusta nimeltään ”Suomen metsäteollisuuden kuljetukset ja niiden ympäristövaikutukset”, on käytetty tulosten vertailuun. Raakapuun muunnoskertoimet on valittu tutkimukseen yhdenmukaisiksi.

#### 4.1.1 VTT:n Lipasto

Tutkimuskeskus VTT:n ylläpitämä liikennepäästöjärjestelmä on nimeltään Lipasto. Se kokoaa yhteen tilastot kaikkien liikennemuotojen pakokaasupäästöistä ja energiankulutuksesta niin henkilö- kuin tavaraliikenteestä. Lipasto käsittää myös lukuisten liikennevälineiden tutkittuja yksikköpäästökertoimia ilmoitettuna grammoina joko ajoneuvokilometriä tai tonnikipometriä kohden.

Lipaston yksikköpäästöjärjestelmän tarjoamat arvot ovat kullekin ajoneuvotyypille ominaisia keskiarvopäästöjä. Lipastossa on valmiina yksikköpäästökertoimet tyhjälle, 70 % kuormalle maksimikuormasta ja täydelle ajoneuvolle sekä laskentakaava muille kuorman täyttöasteille. Esimerkiksi täysperävaunuyhdistelmän suurin kuorma on määritelty 40 tonnin kokoiseksi. Myös tavaralajikohtaisia yksikköpäästökertoimia on joihinkin tavararyhmiin saatavilla. Niissä otetaan huomioon kyseisen tavaralajin kuljettamisen vaatimukset ja niiden aiheuttamat muutokset yksikköpäästökertoimiin.



Lipastossa tiekuljetusvälineet on jaettu EURO-normien mukaisesti. Lipastossa on esitetty VTT:n Liisa-päästölaskentajärjestelmästä saatu vuoden 2008 käytössä olleiden ajoneuvojen suoritejakauma. Kuorma-autojen ikäjakaumatilasto ei sellaisenaan sovellu ammattiliikenteessä olevien autojen ikien määrittämiseen. Luvanvaraisessa liikenteessä olevat kuorma-autot ovat uudempia kuin yksityiskäytössä olevat kuorma-autot. Metsäteollisuuden kuljetuksissa kaluston ikäjakauma ja täten kuljetussuorite on painottunut uuden kaluston puolelle. Kuljetussuoritejakaumat on esitetty taulukossa 4.1. Kuorma-autokannan ikäjakauma on esitetty liitteessä 18. [34]

**Taulukko 4.1** *Tutkimuksessa käytetty ja Lipaston esittämä kuljetussuoritejakauma kuorma-autojen ikäjakauman perusteella vuodelta 2008.*

EURO-LUOKKA	Käytetty suoriteosuus	Suoriteosuus LIPASTO	Osuus ajoneuvokannasta
≤"EURO 0" (-1992)	0,0 %	3,2 %	17,35 %
EURO 1 (1992-)	1,0 %	7,3 %	15,35 %
EURO 2 (1996-)	5,0 %	23,7 %	18,61 %
EURO 3 (10/2000-)	45,0 %	51,8 %	30,01 %
EURO 4 (10/2005-)	49,0 %	14,1 %	18,68 %
EURO 5 (10/2009-)	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Yhteensä	100,0 %	100,0 %	100,0 %

VTT:n yksikköpäästöjärjestelmä ilmoittaa polttoaineenkulutuksen kuljetettua yksikköä kohti mittayksikössä g/tkm. Yksikköpäästölaskuista saatavissa tuloksissa polttoaineen kulutus on kuitenkin ilmoitettu helpommin hahmotettava yksikkönä eli litroina. Tätä varten on otettava huomioon auto- ja junaliikenteessä käytettävän dieselöljyn sekä alusliikenteessä käytettävän bunkkeriöljyn tilavuuspaino. Tilavuuspaino vaihtelee polttonesteen laadun ja lämpötilan mukaan. Laskennoissa on käytetty tyypillisiä tilavuuspainoja: diesel/kevyt moottoripolttoöljy 0,84 kilogrammaa litralta ja bunkkeriöljy 0,98 kilogrammaa litralta. [41 s. 23; 45]

Lipaston laskuissa laivojen bunkkeriöljyn rikkipitoisuudeksi on määritelty 1,45 massaprosenttia. Polttoaineen rikkipitoisuus on jokaiselle laivatyyppille yhtä suuri. Laivojen käyttämän polttoaineen rikkipitoisuus on määritelty lähelle Itämeren liikenteessä suurinta sallittua rikkipitoisuutta 1,5 %. Valtameriliikenteessä tyypillinen bunkkeriöljyn rikkipitoisuus on 2,7 %, mitä ei rikin päästölaskuissa ole otettu huomioon. Tie- ja rautatieliikennevälineissä Suomessa myytävän polttoaineen rikkipitoisuus on ollut alle 0,001 % 1.9.2004 lähtien. Muihin päästökomponentteihin polttoaineen rikkipitoisuudella on hyvin vähän merkitystä. [41 s. 25; 46]

Sähkövetoinen juna aiheuttaa ympäristökuormitusta ilmaan, joka on peräisin sähköntuotantoon käytettyjen polttoaineiden polttamisesta. Rautatiekuljetusten päästölaskennassa on käytetty yksikköpäästöarvoja vaihtotyölisineen, tällöin laskenta käsittää myös junien kokoamiseen liittyvän ratapihatyöskentelyn. Ratapihalla tapahtuva junien kokoaminen suoritetaan yleensä dieselveitureilla. [40]

#### 4.1.2 Tilastokeskus

Tiekuljetuksiin liittyvää tilastointia ylläpitää Tilastokeskus. Tilastot pitävät sisällään vain suomalaisten kuljetusyhtiöiden tekemän kuljetustyön [18 s. 193]. Tilastointi tehdään suorittamalla kuljetusyrityksille kysely. Yrityksistä saatujen vastausten avulla sekä eri viranomaislähteistä saatuihin tietoihin perustuen, Tilastokeskus julkaisee ”Tieliikenteen tavarankuljetustilasto”-nimisen vuosikirja. Tilastointi sisältää vuosittaiset kuljetussuoritemäärät, keskimatkat ja kuormausasteet tavaralajeittain ryhmiteltynä (liite 14). Keskikuljetusmatkoja on hyödynnetty raaka-aineiden ja tuotteiden kuljetussuoritteissa. Tieliikenteen tavarankuljetustilastoa on käytetty tutkimuksessa tukimateriaalina esimerkiksi metsäteollisuuden kuljetusvälineiden kuormausasteita ja energiatehokkuutta arvioitaessa. Lisäksi Tilastokeskus käyttää tilastoinnissa hyväkseen useiden tutkimuslaitosten ja valtiollisten laitosten tutkimuksia, toimien tilastoja kokoavana ”pankkina”.

#### 4.1.3 Liikennevirasto

Liikennevirasto julkaisee ”Ulkomaan meriliikenne”-nimistä vuosikirjaa, jossa on tilastoitu Suomen satamien kautta kulkevan tavarän volyymi tavaralajeittain. Ulkomaan meriliikenne pitää sisällään Suomessa sijaitsevien lähtösatamien lisäksi ulkomaille rahdin vastaanotto tai kauttakulkusataman. Näitä tietoja hyödyntäen meriliikenteen keskikuljetusmatkat on saatu laskettua painotettua keskiarvoa hyväksikäyttäen. Ongelmana on, etteivät kaikki tuotteet tilastoidu satamissa tuoteryhmittäin, vaan esimerkiksi suuryksiköiksi. Tämä vääristää hieman lähtösatamien suhteellista osuutta esimerkiksi paperin ja kartonkien kuljetuksissa aiheuttaen pienen eron keskikuljetusmatkaan. Merenkululaitoksen tilastoimia kuljetusmääriä ei ole kuitenkaan suoraan käytetty merikuljetusten volyymien laskennassa, vaan tilastojen rooli on ollut tutkimusta tukeva.

Merenkululaitoksen meriliikennetilastoihin rekisteröidään Suomen satamissa lastaavien ja purkavien laivojen tietoja kuten, minkä lipun alla laiva purjehtii, sen kuljetuskapasiteetti ja määränpääsatama. Tilastoituja alusten kuljetuskapasiteetteja on tutkimuksessa hyödynnetty määrittämällä Suomen satamissa lastaavien ja purkavien alusten kokoja. Näitä keskiarvoja on käytetty oikeiden alustyyppien selvityksessä Lipastosta.

#### 4.1.4 VR Transpoint oy

Suomessa rautatiekuljetuksia hoitava yritys VR Transpoint oy tilastoi kaiken rautateillä liikkuvan rahdin määrän kotimaassa sekä tuonti ja vientikuljetukset rautateitse ulkomaille, lähinnä Venäjälle. VR Transpoint:n metsäteollisuutta koskevien kuljetusten tilastoja on käytetty kuljetusmääriä ja keskikuljetusmatkoja. VR Transpoint ja Liikennevirasto eivät tilastoi erikseen sähkö- ja dieselvedon osuuksia tietyn tavararyhmän osalta, mutta VR:n tilastoja on käytetty osuussuhteen selvittämisessä.

## 4.2 Tutkimuksen rajaukset

Koska selvitys Suomen metsäteollisuuden kaikista kuljetuksista yhden vuoden osalta on hyvin laaja-alainen, joudutaan tutkimukseen asettamaan tarkat rajaukset niin kuljetusketjujen, tuotteiden, tarkasteltavien päästöjen, tutkimusmenetelmien kuin käytetyn tarkasteluvälin suhteen. Tutkimuksen rajaukset on määritelty siten, että saadut tulokset kuvaavat tutkimustarpeeseen nähden riittävällä tarkkuudella metsäteollisuuden kuljetusten päästöjä vuonna 2008.

Merkittävimmät rajaukset liittyvät kuljetusketjujen alku- ja päätepisteen rajaamiseen. Tutkimuksessa kuljetusketjuja on rajattu usealle eri etäisyydelle, jotta syntyisi mahdollisuus tarkastella kuljetusten ympäristökuormituksen syntymistä maantieteellisesti. Edellä mainittuun poikkeuksen muodostavat tutkimuksessa erikseen tarkasteltavat caset, joissa kuljetusketjun päästöjä on tarkasteltu tarkemmin koko ketju huomioiden. Alla olevassa listauksessa on työssä käytettyjä rajoituksia, joita on myöhemmin tutkimuksessa selvitetty tarkemmin niitä koskevista luvuista. Tutkimukseen liittyy rajoituksia kuljetuksiin, raaka-aine- ja tuotevalikoimaan sekä päästöjen muotoihin liittyen.

### Kuljetukset

- Kotimaisen metsäteollisuuden kuljetukset
- Tarkastelussa kaikki metsäteollisuuden käyttämät kuljetusmuodot
- Tarkastelussa ei huomioida metsäteollisuusyritysten käyttämien raaka-ainetoimittajien kuljetuksia ➔ tutkimus ei ole LCA-malli
- Venäjältä junalla tai kuorma-autoin tuotava raaka-ainepuu tarkastellaan Suomen rajan sisäpuolella
- Kuljetusketjut rajataan feeder-satamiin olemassa olevan tiedon ja näiden satamien läheisyydessä olevien päämarkkina-alueiden sijainnin vuoksi
- Tarkastelu myös kuljetusketju rajattuna merikuljetuksissa Suomen talousalueen sisäpuolelle kuljetusten kotimaisen ympäristökuormituksen selvittämiseksi
- Paluukuljetusten osalta rajataan muu kuin suoraan metsäteollisuuteen liittyvä paluukuljetus. Esimerkiksi raakapuun osalta tyhjänä paluu on huomioitu.

### Tuotteet

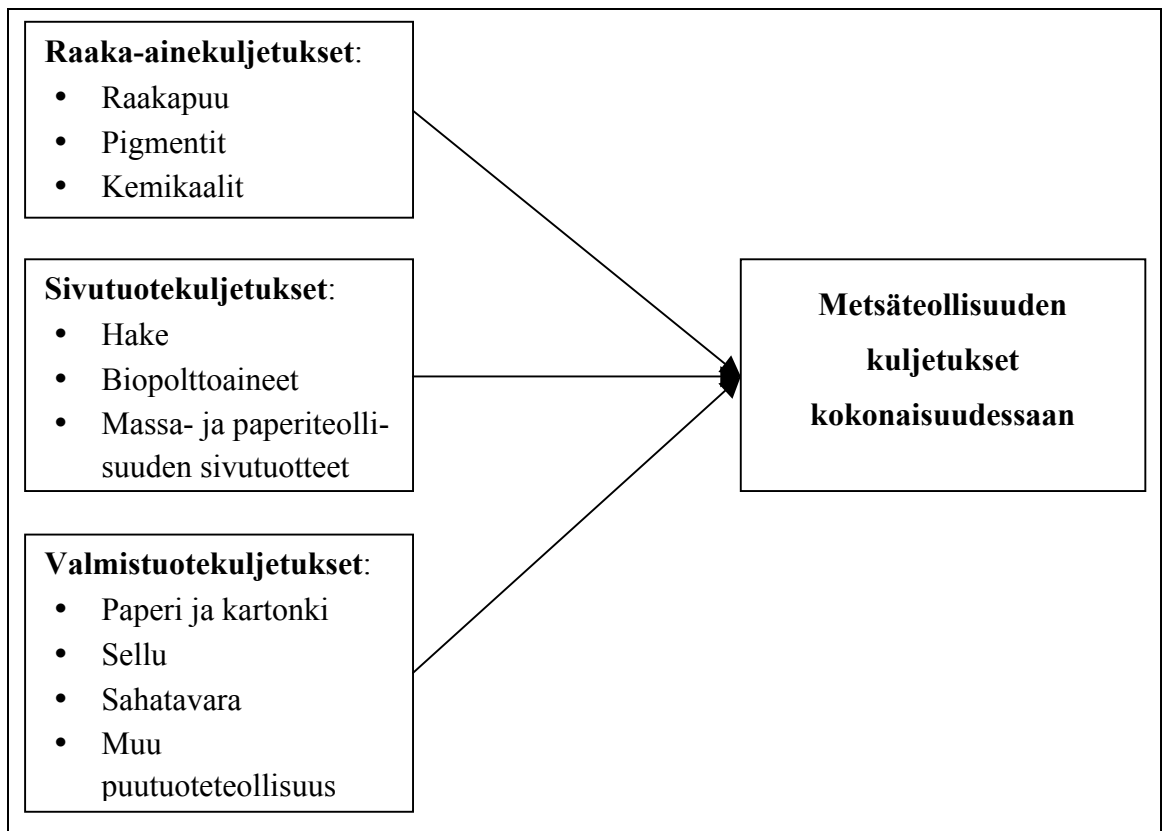
- Tarkastelussa metsäteollisuuden raaka-aine-, sivutuote- että tuotekuljetukset
- Tutkimuksessa ympäristökuormituksen osalta jaotellaan kemiallinen (massa- ja paperiteollisuus) ja mekaaninen (puutuoteteollisuus) metsäteollisuus
- Liimapuu ja pelletit tarkastelussa puutuoteteollisuuden, puuöljyt massa- ja paperiteollisuuden tuotekuljetuksina
- Pitkälle jalostettuja, niin sanottuja puusepänteollisuuden tuotteita ei tutkita
- Muista kuljetuksista tutkimuksessa mukana jäte-, huolto- ja varaosakuljetukset
- Tutkimukseen ei oteta mukaan tuotantolaitosten sisäisiä kuljetuksia
- Koko metsäteollisuuden tuotantoon suhteutettuna vähäiset tavaravirrat (alle 100 000 tonnia vuodessa) rajataan tarkastelun ulkopuolelle.

### Päästöt

- Tarkastelussa pelkästään ilmaan aiheutuvat päästöt, komponenteittain lueteltuna rikin ja typen oksidit, hiilidioksidi ja –monoksidi, hiilivedyt ja hiukkaset sekä typpioksiduuli ja metaani
- Tutkimuksessa yhtenä osana kuljetusten energiankulutus
- Melu, värinä ja ympäristöarvot rajataan tutkimuksen ulkopuolelle.

## 4.3 Kuljetussuoritelaskennan jakoperusteet

Kuljetussuoritteiden laskemiseksi metsäteollisuuden kuljetukset on jaoteltu metsäteollisuuden tuotantolaitoksille saapuviin kuljetuksiin, eli raaka-aineisiin, väli- tai sivutuotekuljetuksiin ja lähteviin kuljetuksiin eli valmistuotekuljetuksiin. Sivutuotekuljetuksiksi katsotaan tutkimuksessa esimerkiksi sahateollisuudessa syntyviä hake- ja purutuotevirtoja. Kuvassa 4.1 on havainnollistettu tarkastellut kuljetukset tuotantoketjun eri vaiheessa.

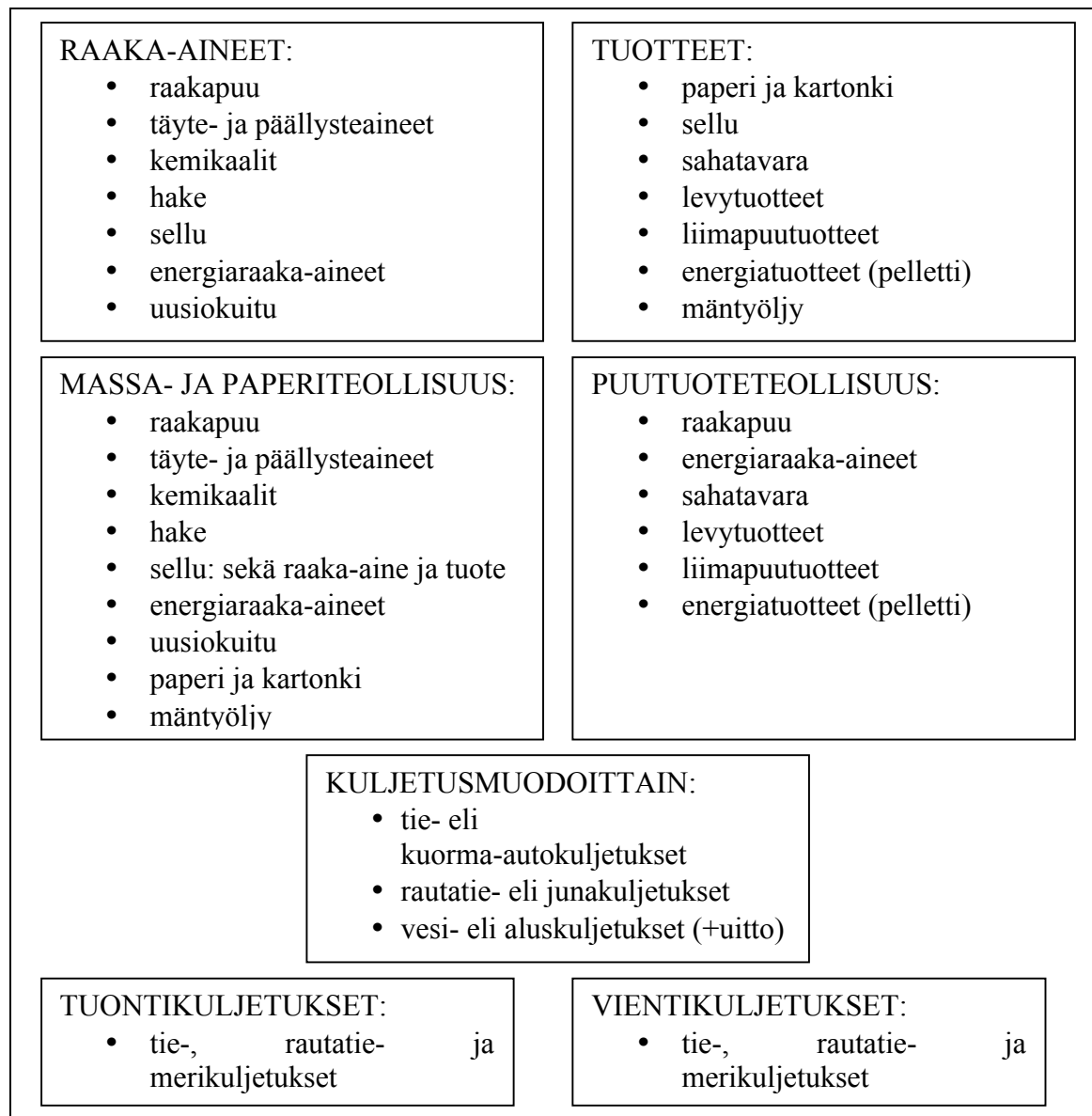


**Kuva 4.1** Metsäteollisuuden kuljetussuoritteen jaottelu saapuviin, sivutuote ja lähteviin kuljetuksiin.

Edellä mainittujen lisäksi tutkimuksessa käsitellään metsäteollisuuden tuotannolle välttämättömien toimintojen kuten huoltotoiminnan sekä jätteiden kuljettamisen aiheuttamaa kuljetussuoritetta ja ympäristönkuormitusta. Näitä kuljetuksia ei voida jakaa edellä esitetyn luokittelun perusteella ja niitä onkin käsitelty otsikon ”muut kuljetukset” alla.

Metsäteollisuudessa suoritettut kuljetukset voidaan jaotella usealla eri tavalla. Tutkimuksessa on käytetty neljää jakoperustetta: **1. raaka-aine ja tuoteryhmittäin**, **2. kuljetusmuodoittain**, **3. metsäteollisuuden sektorin mukaisesti** puutuote- tai massa- ja paperiteollisuuden aikaansaannokseksi ja **4. maantieteellisin perustein** tuonti- ja vientikuljetuksiksi sekä kotimaan sisäisiksi kuljetuksiksi.

Kuvassa 4.2 on esitetty tätä jaottelua. Se tulee nähdä viitekehyksenä tutkimuksessa tehdyille ympäristökuormitukseen liittyville laskutoimituksille. Jokaisella laskentatavalla on merkitystä tavoiteltujen tulosten aikaansaamisessa.



**Kuva 4.2** Tutkimuksessa käytetty metsäteollisuuden kuljetussuoritteiden jaottelu.

#### 4.4 Kuljetussuoritelaskennan periaatteet

Yksinkertaistamalla monimutkaisten kuljetusketjujen tarkastelua muutamalla periaatteella saadaan laskennan määrää kohtuullistettua, ilman että tulos heikentyy tai mikään kuljetussuorite-erä jää tarkastelun ulkopuolelle. Tutkimuksessa noudatetaan **kuljetussuoritemäärien laskemisen osalta seuraavia periaatteita:**

- **Metsäteollisuuden kuljetuksiksi lasketaan suoraan raaka-aineiden, väli- ja sivutuote sekä valmist tuotteiden kuljettaminen. Pelkästään metsäteollisuuden kuljetuksiin soveltuvien kuljetusvälineiden, kuten raakapuuta kuljettavien kuorma-autojen tyhjänä tapahtuvat siirtoajot lasketaan metsäteollisuuden aiheuttamaksi ympäristökuormitukseksi. Esimerkiksi rahtialusten ja kappaletavaroita kuljettavien yhdistelmien paluukuljetuksia ei sen sijaan lasketa metsäteollisuuden kuljetuksiksi.**
- **Puuraaka-aineiden kuljetussuorite** on laskettu vuoden 2008 Metlan ja Metsäteho oy:n tilastoimista kuljetusmääristä, vaikka raaka-ainetta ei olisikaan käytetty vuonna 2008.
- **Tuotekuljetusten suorite** on laskettu Metsäteollisuus ry:n tilastoimista **metsäteollisuuden tuotantomääristä**, vaikka osa kuljetuksista olisi toimitettu asiakkaalle vuonna 2009 tai myöhemmin. Vastaavasti vuonna 2008 tapahtuneet toimitukset edellisten vuosien tuotannosta, jätetään tämän ympäristökuormitustarkastelun ulkopuolelle. Näiden tuote-erien voidaan katsoa olevan yhtä suuret.
- Raakapuun kuljetusketjuissa on tarkasteltu maantie- ja rautatiekuljetuksia **Suomen rajojen sisäpuolella** raaka-aineiden puuttuvien lähtöpaikkojen vuoksi.
- **Aluskuljetusten osalta kuljetusmatka** on määriteltä lähtö- tai määränpääsataman ja Suomessa sijaitsevien satamien **painotettujen keskiarvojen mukaan.**
- Metsäteollisuuden raaka-aineenaan käyttämien kemianteollisuuden tuotteiden kuljetusketju katsotaan tutkimuksessa alkavan vasta **kemianteollisuuden tuotantolaitokselta.** Tarkasteluun eivät tule kuljetusketjut kemianteollisuuden tarvitsemista raaka-aineista.
- **Täyte- ja päällysteaineiden (pigmenttien) kuljetukset** ovat tarkasteltu joko tuontisatamasta, lietteytyslaitokselta tai kotimaiselta tuottajalta, eli kaivoksesta, lähtien. Poikkeuksena tälle on kaoliini, jonka kuljetusketju on selvitetty kokonaisuudessaan tuotantoalueelta asiakkaalle Suomessa.
- Jokainen metsäteollisuuden vuonna 2008 tuottama tavaratonni on mennyt käyttöön: **tuotanto, jota ei ole viety ulkomaille, on käytetty kotimaassa.**
- Tuontiraakapuun suhteen oletetaan merikuljetusten tapahtuvan suoraan tuotantolaitosten omiin raaka-ainevarastoihin (satamakohtaiset tilastot Liite 9), jolloin muiden kuljetusmuotojen päästöjä ei oteta huomioon ympäristökuormitustarkastelussa.
- **Transito-kuljetuksia Suomen osalta ei oteta tutkimuksessa huomioon.**

## 4.5 Kuljetussuoritteiden ja päästöjen laskentamenetelmät

Ympäristökuormituksen laskenta perustuu tässä tutkimuksessa pääosin kuljetussuoritetta kohti selvitettyihin yksikköpäästökertoimiin. Jotta ympäristökuormitus saadaan selvitettyä mahdollisimman tarkasti, on pystyttävä selvittämään kaikki vuonna 2008 metsäteollisuuden käyttöön kuljetettu materiaali sekä valmiiden tuotteiden kuljettaminen. **Kuljetussuorite lasketaan kertomalla kuljetettu määrä keskimääräisellä kuljetusetäisyydellä.** Koska metsäteollisuuden tuotantomäärät ovat Suomessa tarkasti tilastoidut, kuljetussuoritteiden selvittämiseksi tarvitaan vielä keskimääräiset kuljetusetäisyydet tuoteryhmittäin.

Laivoilla tapahtuvien kuljetusten keskikuljetusmatka saadaan hyödyntämällä Suomen satamien volyymitilastoja. Määränpääsatamien ja volyymien selvittämisessä on hyödynnetty merenkulkulaitoksen meriliikennetilastoa vuodelta 2008. Liitteissä 9 ja 10 on taulukoitu metsäteollisuuden käyttämät suurimmat satamat Suomessa vuonna 2008. Satamien volyymitietoja on käytetty laskettaessa aluskuljetusten painotettua keskimatkaa. Jokaiselle tuoteryhmälle on saatu oma keskikuljetusmatkansa, jonka arvo riippuu siitä, mistä ja mihin satamiin alukset tuotteita vievät ja tuovat. Nämä keskikuljetusmatkat määränpääsatamien ovat liitteissä 5 – 8.

Myös kuljetusvälineen kapasiteetin täyttöaste vaikuttaa syntyviin päästöihin. Kuljetettua tonnia kohden päästömäärä kasvaa, mikäli kapasiteetti ei ole täydessä käytössä. Yksikköpäästökertoimet on määritelty kuorma-autokuljetuksissa eri täyttöasteille esimerkiksi täysille, 75 % kapasiteetille ja 50 % kapasiteetille. Muissa kuljetusvälineissä käytetään pääasiassa tutkittuja keskimääräisiä kuormatilan täyttöasteita. Metsäteollisuuden kuljetuksissa ne ovat yleisesti ottaen lähellä maksimikapasiteetin käyttöä. Mikäli on ollut perusteltua käyttää muuta kuin Tilastokeskuksen tilastojen antamaa täyttöastetta, se on ilmaistu kyseisen kohdan päästölaskennan yhteydessä. Kuljetusetäisyyksiä ja kuormatilan täyttöasteita tilastoi Tilastokeskus, jonka tietoja kuljetussuoritteiden laskemiseksi on käytetty.

Kertomalla metsäteollisuuden **kuljetussuoritteiden määrät** kuljetusmuodoittain Lipasto-päästölaskentajärjestelmän vastaavan kuljetusmuodon **yksikköpäästökertoimiin**, saadaan tulokset metsäteollisuuden kuljetusten aiheuttamasta ympäristökuormituksesta. Liitteessä 20 on esitetty Lipaston yksikköpäästökertoimet.

Laskettaessa tuotekohtaisia kuljetusten päästömääriä, täytyy raaka-ainekuljetusten osuus kuljetussuoritteesta allokoida tuotteille aiheuttamisperiaatteen mukaisesti, jotta kuljetetulle tuotteelle voidaan määrittää sen aiheuttama ympäristökuormitus. Tuotekuljetuksissa vastaavaa kohdistamista ei tarvita, sillä tuotekuljetusten aikaansaama ympäristökuormitus kuuluu pääsääntöisesti kyseisen tuoteryhmän tuotteille.

## **5 METSÄTEOLLISUUDEN KULJETUSSUORITE 2008**

Luvussa metsäteollisuuden kuljetussuoritteet tulevissa ja lähtevissä kuljetuksissa on jaettu kappaleessa 4 olleiden jakoperusteiden mukaisesti. Sekä raaka-aineissa että tuotteissa on eroteltavissa seitsemän eri ryhmää. Lisäksi raaka-aine- ja tuotekuljetuksien yhteenvedoissa suoritteita jaetaan massa- ja paperiteollisuuden ja puutuoteteollisuuden osuuksiksi, jotta metsäteollisuuden eri alojen liikenteen ympäristökuormitustarkastelu olisi mahdollinen. Puutuoteteollisuus jäsentyy karkeasti jaoteltuna saha- ja levyteollisuuteen, joille molemmille on kohdennettu oma osuus raaka-ainekuljetuksista. Massa- ja paperiteollisuutta käsitellään kokonaisuutena, koska sellua käytetään sekä paperin tuotannon raaka-aineena että viedään valmiina tuotteena.

### **5.1 Raaka-ainekuljetukset**

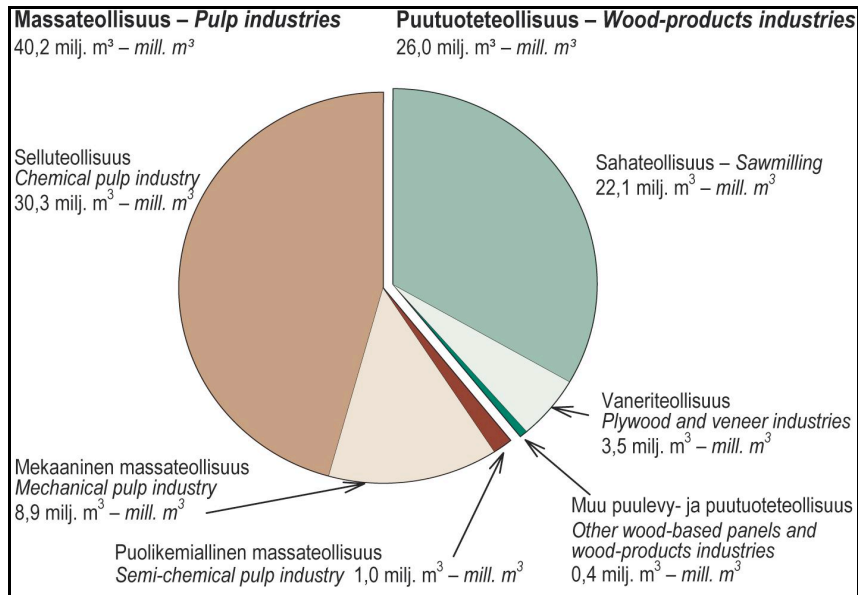
Raaka-aineita kuljetettiin metsäteollisuudessa noin 75 miljoonaa tonnia vuonna 2008. Raakapuun osuus oli tästä määrästä kaksi kolmasosaa. Raaka-ainekuljetusten keskikuljetusmatka oli lähes 350 kilometriä.

#### **5.1.1 Raakapuu**

Vuonna 2008 Suomessa käytettiin puuta yhteensä 72,8 miljoonaa kuutiometriä, josta metsäteollisuuden osuus oli 66,3 miljoonaa kuutiometriä (kuva 5.1). Raakapuu voidaan lajitella kuitu- ja tukkipuiksi. Tukkipuiksi luokitellaan yleensä latvaläpimitaltaan yli 15 senttimetriä paksut puut. Pääsääntöisesti kuitupuuta käytetään massan valmistamiseen ja tukkeja puutuoteteollisuudessa.

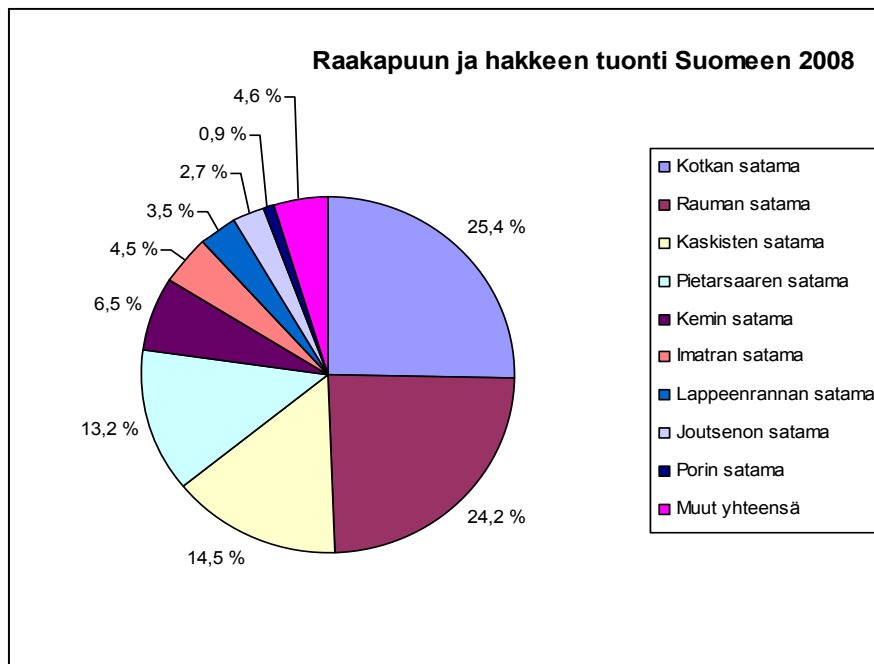
Vuonna 2008 kuitupuun käyttö oli 38,4 miljoonaa kuutiometriä, joka meni lähes kokonaisuudessaan massa- ja paperitehtaille. Tukkipuuta käytettiin 25,3 miljoonaa kuutiometriä, mikä käytettiin lähinnä saha- ja levytuoteteollisuudessa. Massa- ja paperiteollisuuden sekä puutuoteteollisuuden kesken puunkäyttö jakaantui vuonna 2008 seuraavasti: massaa valmistavilla tehtailla käytettiin kaikkiaan 40,2 miljoonaa kuutiometriä ja sahojen ja levytehtaiden raakapuun kulutus oli 26,0 miljoonaa kuutiometriä. [42 s. 247-250, 257]





**Kuva 5.1 Metsäteollisuuden raakapuun käyttö toimialoittain 2008.** [18 s. 254]

Kotimaisen raakapuun lisäksi metsäteollisuus käyttää toiminnassaan myös tuontipuuta. Vuonna 2008 tuontipuun osuus oli 15,3 miljoonaa kuutiometriä hake mukaan luettuna, josta raakapuun osuus oli yli 14 miljoonaa kuutiometriä. Tilastojen mukaan raakapuuta tuotiin Suomeen enemmän kuin sitä käytettiin. Tämä saattaa selittyä tuontiraakapuun suuremmilla ostomäärillä ja sen varastoimisella. Raakapuuta tuotiin pääasiassa alus- ja rautatiekuljetuksin. Suurin tuontimaa oli Venäjä. Alus- ja rautatiekuljetuksissa on merkittävää kuljetusketjun osalta havaita, että käytännössä kaikki tuontipuu kuljetetaan käyttöpaikan läheisyyteen. Tuontisatamat sijaitsevat länsirannikon metsäteollisuuspaikkakuntien lisäksi Kaakkois-Suomessa Suur-Saimaan alueella sekä Kymijoen alueella (kuva 5.2).



**Kuva 5.2 Raakapuun ja hakkeen tuonnin suurimmat satamat vuonna 2008.**

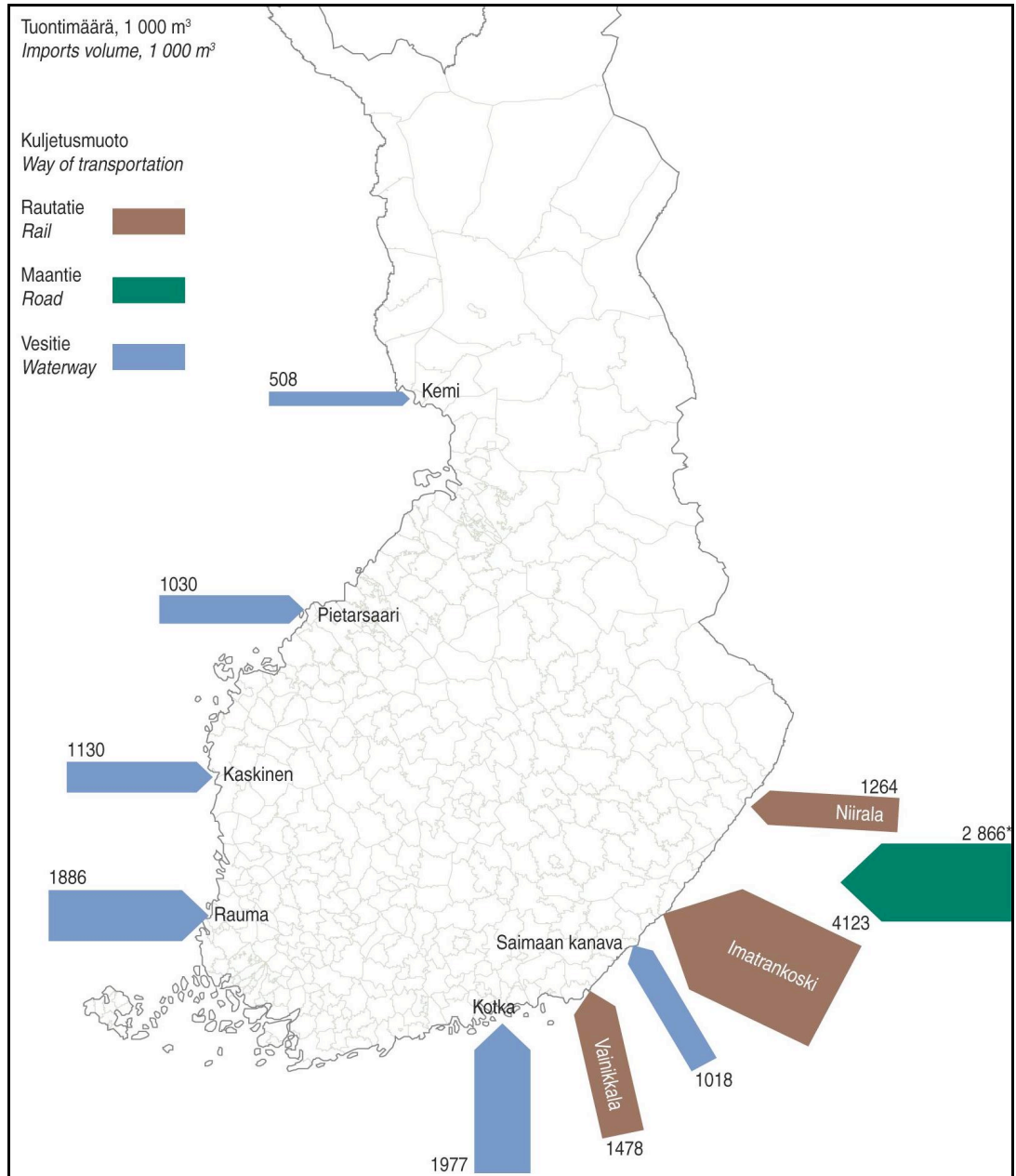
Raakapuun kuljetuksissa autokuljetusten osuus on merkittävä (Taulukko 5.1). Myös junakuljetuksilla on merkittävä rooli, joka johtuu muita kuljetusmuotoja pidemmästä keskipuolijetuskuljetuksesta. Juna- ja aluskuljetuskuljetuksissa osa kuljetuskuljetuksesta suoritetaan autokuljetuksena ja niiden osuudet on ilmoitettu taulukossa 5.1.

**Taulukko 5.1. Raakapuun kuljetukset vuonna 2008.** [18]

<b>Raakapuun kuljetusmäärät (yksiköt: tuhat kuutiometriä ja kilometriä)</b>					
	<b>Yhteensä</b>	<b>Juna</b>	<b>Kuljetusväline</b>		
			<b>Auto</b>	<b>Uitto</b>	<b>Alus</b>
Keskipuolijetuskuljetus (km):	<b>158</b>	266	106	289	196
Kuljetusmäärät (1000 m <sup>3</sup> ):	<b>44 813</b>	10 037	33 352	856	568
, josta osa autokuljetuksin:	<b>42 879</b>	8 397	33 352	856	274
Prosentuaaliset osuudet:		22 %	74 %	2 %	1 %
Autokulj. osuus kuljetuksesta (km):		45	--	57	42
Tuontipuun määrät (1000 m <sup>3</sup> ):	<b>14 008</b>	6 641	2 491	19	4 857
Keskipuolijetuskuljetus (km):		71	106	289	1 041
Autokuljetusten keskipuolijetuskuljetusm.: Kotimaisten kuljetusten keskipuolijetuskuljetusmatka:	93 kilometriä 129 kilometriä				
Kaikkien kuljetusten keskipuolijetuskuljetusmatka:	187 kilometriä				
<b>Raakapuun kuljetussuoritteet (yksiköt: miljoona tonni-/kuutiokilometriä)</b>					
	<b>Yhteensä</b>	<b>Juna</b>	<b>Auto</b>	<b>Vesitiekuljetus</b>	
Kotimainen puu kuljetussuorite, yht. miljoonaa kuutiokilometriä	<b>6 985</b>	2 670	3 884	431	
Tuontipuun kuljetussuorite yht. (milj. m <sup>3</sup> km)	<b>5 797</b>	472	264	5 062	
<b>Raakapuun kuljetussuoritteet yht. (milj. m<sup>3</sup>km)</b>	<b>12 782</b>	<b>3 141</b>	<b>4 148</b>	<b>5 493</b>	
Kotimainen puu kuljetussuorite yht. miljoonaa tonnikilometriä	<b>5 937</b>	2 269	3 301	366	
Tuontipuun kuljetussuorite yht. (milj. tkm)	<b>4 928</b>	401	224	4 302	
<b>Raakapuun kuljetussuoritteet yht. (milj. tkm)</b>	<b>10 865</b>	<b>2 670</b>	<b>3 526</b>	<b>4 669</b>	

Puuraaka-ainemäärät ilmoitetaan yleisesti tilavuusmäärinä. Laskettaessa massaan perustuvia kuljetussuoritteita, nämä tilavuusmäärät on muutettava muunnoskerroimen avulla massayksiköksi. Haastavaksi muuntamisen tekee, että raakapuun massa ja sitä kautta muunnoskerroin vaihtelee hyvin paljon riippuen puulajista, sen kosteudesta ja onko kyseessä kuoreton vai kuorellinen kiintokuutiometri. Tuomo Leskinen on tutkimuksessaan muuntanut kaiken raaka-ainepuun kuutiometrit tonneiksi kertoimella yksi kuutiometri puuta painaa 850 kiloa. Tutkimuksessa käytetään samaa kerrointa paremman vertailtavuuden saavuttamiseksi. [14 s. 28]

Kuvassa 5.3 on esitetty tuontipuun rajanylityspaikat sekä tulosatamat. Kuva ei pidä sisällään Ruotsista maanteitse tuotua puuta, sillä puunvientiä koskeva tilastointi tehdään vain EU:n ulkorajoilta. Ruotsista vuonna 2008 tuotiin 2,1 miljoonaa kuutiometriä puuta, josta osa tuli aluskuljetuksin tulosatamiin. [18 s. 183]



**Kuva 5.3** Puun tuonti Suomeen rajanylityspaikoittain 2008. [18]

### 5.1.2 Sivutuotekuljetukset

Metsäteollisuuden tuotannossa syntyy runsaasti sivutuotevirtoja, joita hyödynnetään sekä mekaanisessa että kemiallisessa metsäteollisuudessa. Merkittävimpiä näistä sivutuotteista ovat sahateollisuudessa syntyvät hake- ja puruvirrat, joita käytetään massateollisuudessa hierteen ja sellun valmistuksessa sekä mekaanisessa metsäteollisuudessa esimerkiksi levyteollisuuden raaka-aineena.

Osa näistä sivutuotevirroista menee energiantuotantoon sekä metsäteollisuudelle että energiateollisuuden yrityksille. Tutkimuksessa ei energiateollisuuden raaka-aineiden kuljetuksia ole tutkittu.

Koska suurin osa tutkimuksessa käytettävistä lähteistä on yhdistänyt edellä mainitut sivutuote-erät, on myös tässä tutkimuksessa perusteltua käsitellä niitä yhtenä kokonaisuutena. Osa tuotetusta saharakkeesta käytetään samalla tehdasalueella sijaitsevalla paperitehtaalla. Tässä tutkimuksessa esitetyt hake- ja purumäärät ovat kuljetusta vaativia eli kuljetussuoritetta aiheuttavia määriä.

Kotimaisten sivutuotevirtojen kuljettamiseen käytetään pääasiassa autokuljetuksia, sillä useille sahoille ei ole raideyhteyksiä. Hakkeen kuljetusmäärät ovat sahanpurun määriä merkittävämmät. Hakkeen teitse tapahtuvien kuljetusmatkojen selvittämiseksi suurimmille hakkeen kuluttajille tehtiin tutkimusta varten kysely, josta selvisi keskilähetysmatkan pituudeksi 116 kilometriä. Haketta tuodaan myös ulkomailta, pääasiassa rannikoilla sijaitsevien tuotantolaitosten käyttöön sekä Itä-Suomessa oleville tehtaille junakuljetuksin Venäjältä. VR Cargon kuljettaman tuontihakkeen keskilähetysmatka 47 kilometriä jää huomattavan alhaiseksi johtuen tuotantolaitosten sijainnista itärajan tuntumassa. Kotimaisella hakkeella keskilähetysmatka junakuljetuksissa vuonna 2008 oli 358 kilometriä [44].

Aluskuljetuksilla tuodaan havuhaketta Venäjältä ja Baltian maista hieman lähes 0,7 miljoonaa tonnia ja noin puoli miljoonaa tonnia lehtihaketta Etelä-Amerikasta. Aluksilla suoritettavien hakekuljetusten keskimatka on laskettu Itämeren maiden satamien keskietäisyyksien ja Etelä-Amerikan satamakaupunkien etäisyyksien perusteella. Hakkeen kuljetus Etelä-Amerikasta lisää aluskuljetusten keskilähetysmatkaa huomattavasti. Sivutuotteiden vienti ulkomaille on ollut vuonna 2008 hyvin vähäistä. Tarkasteluvuotena vietiin 221 000 kuutiometriä haketta Ruotsiin. [18 s. 332, 336]

Taulukossa 5.2 on esitetty sekä kotimaisten että ulkomaisten hake- ja puruvirtojen vuoden 2008 kuljetusvolyymi. VR tilastoi kuljettamansa tuotteet massayksiköissä ja yhtiön käyttämät muuntokertoimet on selvitetty yhtiöstä. Sen sijaan metsäyhtiöt tilastoivat hake- ja purumäärät kuutiometreinä ja laskettaessa niiden aiheuttamia kuljetussuoritteita, tilavuusmitat on muutettu massamääräisiksi. Yksi kiintokuutiometri haketta tai purua painaa raakapuun tavoin keskimäärin 850 kiloa.

**Taulukko 5.2.** *Sivutuotteiden kuljetukset vuonna 2008.* [18; 44; 45; 46]

Tuote	Yhteensä 1 000 tonnia	Junakuljetus 1 000 tonnia	Autokuljetus 1 000 tonnia	Aluskuljetus 1 000 tonnia
Hake/puru kotimainen	9 690	429	9 261	-
Hake/puru ulkomainen	2 217	700	364	1 153
<b>Sivutuotteet yht.</b>	<b>11 907</b>	<b>1 129</b>	<b>9 625</b>	<b>1 153</b>
Keskilähetysmatka		165	116	3 903
<b>Kuljetussuorite yhteensä (1000 tkm)</b>	<b>5 808 805</b>	<b>186 334</b>	<b>1 116 546</b>	<b>4 505 924</b>

### 5.1.3 Mekaanisen massan ja sellun kuljetukset

Mekaanisella massalla ja selluilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa paperi- ja kartonkiteollisuuden lopputuotteiden välivaihetta. Massoiksi luetaan kuidutuksen tuloksena saatavat paperiteollisuuden kuituraaka-aineet joita ovat mekaaniset, kemimekaaniset ja kemialliset massat. Mekaaniset massat syntyvät kuitupuuraaka-aineen mekaanisen kulutuksen, hiomisen tai hiertämisen tuloksena. Kemimekaaniset massat käsitellään ennen kuiduttamistaan kemiallisesti tarkoituksena pehmentää puuraaka-aine. Kemiallisilla massoilla tarkoitetaan sellua. [29 ss. 51-56]

Vuonna 2008 metsäteollisuuden massoja tuotettiin yhteensä 11,6 miljoonaa tonnia, josta sellun osuus oli lähes 7,2 miljoonaa tonnia ja mekaanisten- ja kemimekaanisten massojen osuus lähes 4,5 miljoonaa tonnia. Tässä raaka-aineryhmässä vain pieni osa tuotetuista massoista aiheuttaa kuljetussuoritteita. Integroiduissa massa- ja paperitehtaissa suurin osa siitä käytetään tuotantopaikallaan. Mekaanisista massoista lähes kaikki käytetään tuotantopaikallaan. Sellujen kohdalla kuljettamista tuotantolaitokselta toiselle tapahtuu, koska tehtailla on tuotannossa tarve eri sellulaaduille. Sellun ulkomaankaupankuljetuksia on käsitelty erikseen luvussa 5.3.2.

Taulukossa 5.3 on esitetty Suomen sisällä tapahtuvat massakuljetukset kuljetusmuodoittain, eli yhteensä neljä miljoonaa tonnia. Kuljetusmääränä mitattuna maantie- ja rautatiekuljetuksilla on melkein yhtä suuri osuus. Rautatiekuljetusten pidempi keskikuljetusmatka aiheuttaa, että kuljetussuoritteella mitattuna rautatiekuljetusten osuus on lähes kaksi kolmasosaa. Taulukossa eri puumassatyypit on yhdistetty. Vientitilastosta nähdään (Liite 10), että metsäteollisuuden massoja on viety ulkomaille noin 2,4 miljoonaa tonnia, joten kotimaisten tuotantolaitosten välillä tapahtuvien puumassakuljetusten määrä on noin 1,6 miljoonaa tonnia.

**Taulukko 5.3** Kotimaan massakuljetukset vuonna 2008. [18 ss. 193-195; 26]

	<b>Määrä</b> 1000 tonnia	<b>Etäisyys</b> kilometriä	<b>Kuljetussuorite</b> 1000 tonnkm.	<b>Osuus suoritteesta</b> %
Maantiekuljetus	2 023	143	290 000	34,2 %
Rautatiekuljetus	1 981	281	557 000	65,8 %
Sisävesi	-	-	-	0,0 %
Merikuljetus	-	-	-	0,0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>4 004</b>	<b>212</b>	<b>847 000</b>	<b>100 %</b>

### 5.1.4 Paperin- ja kartonginvalmistuksessa käytettävät päällystys- ja täyteaineet

Korkealuokkaiset aikakausi- ja hienopaperilaadut sisältävät runsaasti pigmenteiksi kutsuttuja päällystys- ja täyteaineita. Tämä on lisännyt pigmenttiaineiden kysyntää ja kuljetuksia metsäteollisuudessa. Keskimäärin pigmenttejä oli paperin painosta vajaa neljännes vuoden 2008 tuotannosta. Aikakausilehtipaperissa pigmentin osuus on noin kolmannes painosta, kun taas päällystetyssä hienopaperissa jopa puolet. [29 ss. 74 – 76]

Tärkeimmät pigmenttiaineet ovat kaoliini, kalsiumkarbonaatit, talkki ja titaanioksidi. Vuonna 2008 näiden käyttö metsäteollisuudessa oli 3,2 miljoonaa tonnia. Kokonaan kotimaisia raaka-aineita ovat talkki ja titaanioksidit. Talkin ja titaanioksidin lisäksi noin puolet käytetystä kalsiumkarbonaateista on kotimaista. Kaoliini on kokonaan tuontituote, joka tuodaan pääosin Iso-Britanniasta, Yhdysvalloista sekä Brasiliasta (liite 9) [18]. Ennen käyttöä paperin pigmenttinä, kaoliini lietetään joko satamien yhteydessä olevilla liettämöillä tai vaihtoehtoisesti se kuljetetaan ”kuivana” paperitehtaiden tuotantolaitoksilla sijaitseviin liettämöihin. Lietetyn kaoliinin kuiva-ainepitoisuus on noin 50 prosenttia [45]. Kaoliinin kuljetusketjua ja päästöjen aiheutumista kuvataan tarkemmin luvussa 6.3.

Kalsiumkarbonaatin jalostus pigmenttiaineeksi (PCC tai GCC) tapahtuu myös paperitehtaiden yhteydessä tai satamissa toimivissa saostuslaitoksissa poltetusta kalkista (kalsiumoksidi CaO). Kalsiumkarbonaattia sisältäviä mineraaleja louhitaan Suomessa useista kaivoksista, tuottavimpien ollessa Lappeenrannassa ja Förbyssä. Kaivoksilta se kuljetetaan joko saostettavaksi ulkopuoliselle toimittajalle tai metsäteollisuuden tuotantolaitoksille kuivana. Kalsiumkarbonaatin jalostajia Suomessa on kolme ja niillä tuotantolaitoksia kuusi. Taulukossa 5.4 on selvitetty metsäteollisuuden pigmenttien kuljetukset vuonna 2008. Huomattava määrä metsäteollisuuden käyttämästä kalsiumkarbonaatista tuodaan ulkomailta aluskuljetuksin tuotantolaitoksen läheisyydessä olevaan satamaan. [42 s. 193-194; 27; 36]

**Taulukko 5.4** Paperin päällystys- ja täyteaineiden kuljetusmäärät vuonna 2008. [48; 49; 50; 51; 52]

Tuote (täyte- ja päällysteaine)	Yhteensä (t)	Junakuljetus	Autokuljetus	Aluskuljetus
Kaoliini täyteaineena	413 535			
Kaoliini päällysteaineena	643 939			
<b>Kaoliini yht.</b>	<b>1 057 474</b>	<b>172 662</b>	<b>613 615</b>	<b>1 057 474</b>
CaCO <sub>3</sub> luonnon täyteaineena	183 527			
CaCO <sub>3</sub> luonnon päällysteaineena	1 010 657			
<b>CaCO<sub>3</sub> luonnon yht.</b>	<b>1 194 184</b>	<b>162 621</b>	<b>461 028</b>	<b>570 535</b>
CaCO <sub>3</sub> saostettu PCC täytea.	421 588			
CaCO <sub>3</sub> saostettu PCC päällystea.	184 379			
<b>CaCO<sub>3</sub> saostettu PCC yht.</b>	<b>605 967</b>		<b>494 870</b>	<b>111 097</b>
Talkki täyteaineena	74 653			
Talkki päällysteaineena	114 741			
<b>Talkki yht.</b>	<b>189 394</b>		<b>189 394</b>	
Titaanioksidi täyteaineena	886			
Titaanioksidi päällysteaineena	330			
<b>Titaanioksidi yht.</b>	<b>1 216</b>		<b>1 216</b>	
Muut epäorgaaniset pigmentit	107 765			
Orgaaniset pigmentit	478			
<b>Muut pigmentit yht.</b>	<b>108 243</b>		<b>108 243</b>	
<b>Lietteyttyksen vesi yht.</b>	<b>910 468</b>	<b>90 217</b>	<b>820 251</b>	
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>4 066 946</b>	<b>425 500</b>	<b>2 688 617</b>	<b>1 739 106</b>

Paperipigmenttien prosessointi tapahtuu Suomessa. Suurin osa maakuljetuksista tapahtuu kuorma-autolla. VR Cargon kuljetustilastojen mukaan paperin pigmenttejä kuljetettiin vuonna 2008 yhteensä 425,5 tonnia. Rautatiekuljetusten osuus on 13,5 % käytetystä pigmenttimäärästä ja keskipitkät matkat rautatiekuljetuksilla on 287 kilometriä. VR Cargon tilastoissa ei ole eritelty mitä pigmenttejä kuljetusmäärä koskee. Metsäteollisuusyrityksiin tehdyin kyselyin on selvitetty, mikä osuus kaoliinista ja kalsiumkarbonaateista on kuljetettu rautatiekuljetuksin ja mikä osuus on kuljetettu lietteytettynä. Näin on saatu veden osuus pigmenttikuljetuksista.

Paperin ja kartongin pigmenttikuljetuksia tarkastellaan joko liettämöiltä tuotantolaitoksille (kun lietteytyksen suorittaa ulkopuolinen yritys) tai satamasta tai tuotantopaikalta tuotantolaitoksille (kun lietteytys tapahtuu tuotantolaitoksella). Tärkeää on huomata, että osa käytetystä pigmentistä lietetään satamassa ja kuljetetaan tyypillisesti muutaman kilometrin matkan tuotantolaitokselle kuorma-autoilla. Näin toimitaan esimerkiksi Kotkassa, Kemissä ja Raumalla. [48; 52; 49; 50]

### 5.1.5 Massa- ja paperiteollisuudessa käytettävät kemikaalit

Sellun valmistaminen vaatii kemikaaleja. Varsinkin sellun keittäminen, peseminen ja valkaisu vaativat kemikaaleja kuten natriumhydroksidia, happea ja rikkihappoa. Myös paperin valmistaminen kuluttaa kemikaaleja joiden tarve riippuu valmistettavan paperin laadusta. Yleensä korkealaatuisemman paperin valmistaminen kuluttaa enemmän sekä pigmenttejä että kemikaaleja. Mekaanisen massan valmistaminen vaatii vähemmän kemikaaleja kuin sellun valmistaminen. [29; 76]

Vuonna 2008 kemikaalien käyttö oli paperiteollisuudessa noin 1,7 miljoonaa tonnia. Tästä määrästä suuri osa kuljetettiin autokuljetuksilla. Vuonna 2008 VR Cargon osuus kuljetetuista metsäteollisuuden kemikaaleista oli alle 1000 tonnia, joka on koko kemikaali määrästä vain prosentin sadasosa. Taulukkoon 5.5 on listattu kemikaalien kulutus massa- ja paperiteollisuudessa tuotelajeittain. Valmistamiseen käytettyjen kemikaalien yksityiskohtainen yksilöiminen on tarpeetonta nimikkeiden suuren määrän sekä osan kemikaalien kohdalla vähäisen käyttömäärän vuoksi. Paperikemikaalien valmistajia on Suomessa runsaasti, mutta koska suuri osa paperikemikaaleista on prosessiteollisuudessa yleisesti käytettyjä raaka-aineita, ei kotimainen kemianteollisuus ole keskittynyt paperiteollisuuden yhteyteen. [44]

**Taulukko 5.5** Paperin ja massan valmistuksessa käytettyjen kemikaalien kuljetukset vuonna 2008. [76]

Tuoteryhmä	Vuoden 2008 tuotanto (1000t)	2008 kemikaalien käyttö (tonnia)
Paperi ja kartonki	13 126	847 446
Sulfaattisellu	7 159	736 563
Mekaaninen massa	4 465	151 664
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>24 750</b>	<b>1 735 673</b>
Keskimääräinen kuljetusmatka:	205 kilometriä	
Kuljetussuorite kuorma-autot:	355,8 miljoonaa tkm.	

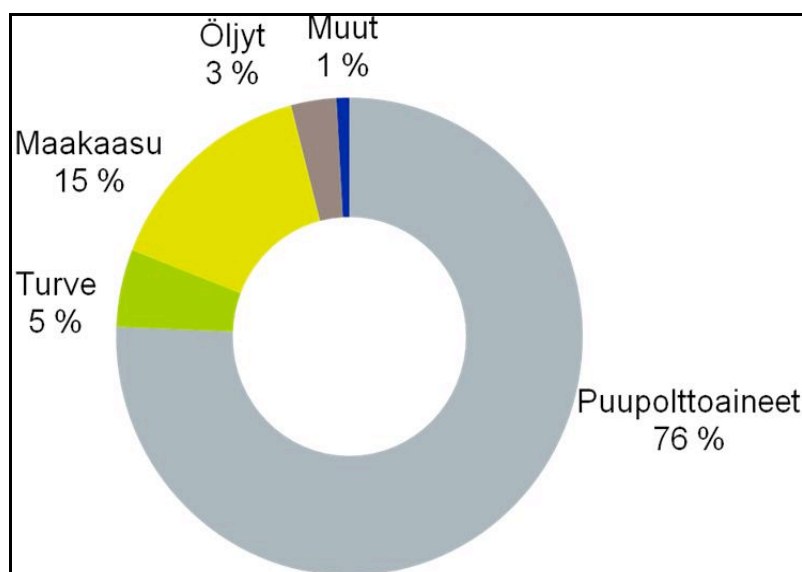
### 5.1.6 Energiaraaka-aineiden kuljetus

Metsäteollisuuden energiankulutus vuonna 2008 oli lähes 90 000 gigawattituntia joka vastaa energiamääränä noin 319 000 terajoulea (taulukko 5.6). Tästä mekaanisen metsäteollisuuden osuus oli 7,25 TWh:ta ja massa- ja paperiteollisuuden 81,3 TWh:ta. Suurin osa (noin 62,5 TWh:a) edellä mainitusta energiantuotannosta muodostuu polttoaineiden polttamisesta. Metsäteollisuuden sähköenergiankulutus 2008 oli 25,2 terawattituntia, mikä on noin 57 % Suomen teollisuuden ja 28 % Suomen sähköenergian tarpeesta. Sähköenergian kuluttaminen ei aiheuta kuljetussuoritetta [54].

**Taulukko 5.6** *Energiankulutus metsäteollisuudessa vuonna 2008 terajouleina. [54]*

Energialaji	Metsäteollisuuden osa		Yhteensä (TJ)
	Mekaaninen (TJ)	Massa ja paperi (TJ)	
Polttoaineet	8 524,6	216 613,3	225 137,9
Sähkö	5 977,5	5 7654,8	63 632,3
Lämpö	11 607,6	18 995,0	30 602,6
<b>Yhteensä:</b>	<b>26 109,7</b>	<b>293 263,1</b>	<b>319 372,8</b>

Laskettaessa metsäteollisuuden energiantuotannon kuljetusten aiheuttamaa ympäristökuormitusta on huomioitava metsäteollisuuden tuotantolaitosten käyttämän tehdaspolttoaineen määrät. Tehdaspolttoaineita käytetään sähkön ja lämmön tuotantoon sekä suoraan teollisiin prosesseihin. Vuonna 2008 metsäteollisuus käytti tehdaspolttoaineita yhteensä 244 000 terajoulea, joka vastaa 67,8 terawattituntia. Tehdaspolttoaineista syntyy poltettaessa lämpö- ja sähköenergiaa, jota käytetään sellun, paperin ja kartongin tuotannossa. Tehdaspolttoaineiden jakauma on nähtävissä kuvassa 5.4 ja sen perusteella taulukon 5.7 tehdaspolttoainemäärät on pystytty laskemaan.



**Kuva 5.4** *Metsäteollisuuden tehdaspolttoaineiden jakauma vuonna 2008. [55]*



Suomen energiantuotannossa käytetään merkittäviä määriä puupolttoaineita myös energiateollisuudessa (sivu 17, taulukko 2.2). Puupolttoaineiden kuljetuksia metsäteollisuuden ulkopuolelle ei ole tutkimuksessa otettu tarkasteluun, sillä niiden kuljetuksista aiheutuvat päästöt on kohdistettava energiateollisuudelle.

Metsäteollisuuden tuotantolaitokset ovat käyttämänsä energian suhteen lähes omavaraisia. Vuonna 2008 puuperäisten polttoaineiden osuus metsäteollisuuden tuottamasta energiasta oli 76 %, mikä vastaa energiasisällöltään 171 100 terajoulea. Puuperäisiä polttoaineita ovat selluteollisuudessa syntyvä mustalipeä, kuori, puru, lastut ja pölyt sekä metsätähde-, puutähdehake ja kierrätyspuu [18]. Fossiilisten polttoaineiden osuus oli noin 19 %, josta maakaasun osuus oli yli kolme neljäsosaa. Maakaasun siirtäminen ei aiheuta kuljetussuoritusta, koska sen siirto tapahtuu putkikuljetuksin. Kivihiilen ja raskaan polttoöljyn 4 % osuus käytetyistä tehdaspolttoaineista vastaa 269 000 tonnia polttoaineita. Turvetta käytettiin metsäteollisuuden energiantuotannossa 5 % energiamäärästä ja se vastaa noin 1,3 miljoonaa tonnia turvetta. Polttoaineiden massojen määrittämisessä on käytetty VTT:n tutkimia polttoaineiden energiasisältömääriä. [56; 57; 55]

Puuperäisistä polttoaineista tärkein on mustalipeä, joka syntyy sellunkeiton yhteydessä puun sidososien, ligniinien liukenemisen johdosta. Mustalipeässä olevat poltettavat orgaaniset aineet ovat peräisin tehtaalle tuotavasta puuraaka-aineesta. Sen osuutta ei oteta huomioon tarkasteltaessa energiaraaka-aineiden kuljettamista. Mustalipeän polttamisesta syntyvä energiamäärä oli 144 000 terajoulea. Myös muiden metsäteollisuudessa syntyvien poltettavien jäte- ja sivutuotteiden määriä ei oteta kuljetustarkastelussa huomioon. Niiden energiaksi polttaminen tapahtuu pääasiassa niitä synnyttävän tuotantolaitoksen alueella. Jätteiden ja sivutuotteiden polttamisesta syntyvää energiaa käytettiin metsäteollisuudessa 5 000 terajoulea. [18 s. 279]

Metsäteollisuus kuluttaa puuperäisten polttoaineiden määrästä 31 000 terajoulea tehdaspolttoaineita, jotka vaativat kuljettamista. Tämä vastaa noin 1,6 miljoonaa tonnia puuta kosteusprosentin ollessa 0 %. Kosteus voimalaitoskäytössä olevalla polttoaineella on tyypillisesti 35 – 60 %. Tuoreen puun kosteusprosentti on 50 – 60 %, ja on laskelmissa käytetty puupolttoaineiden kosteutena 50 % (taulukko 5.7). [56 s.35]

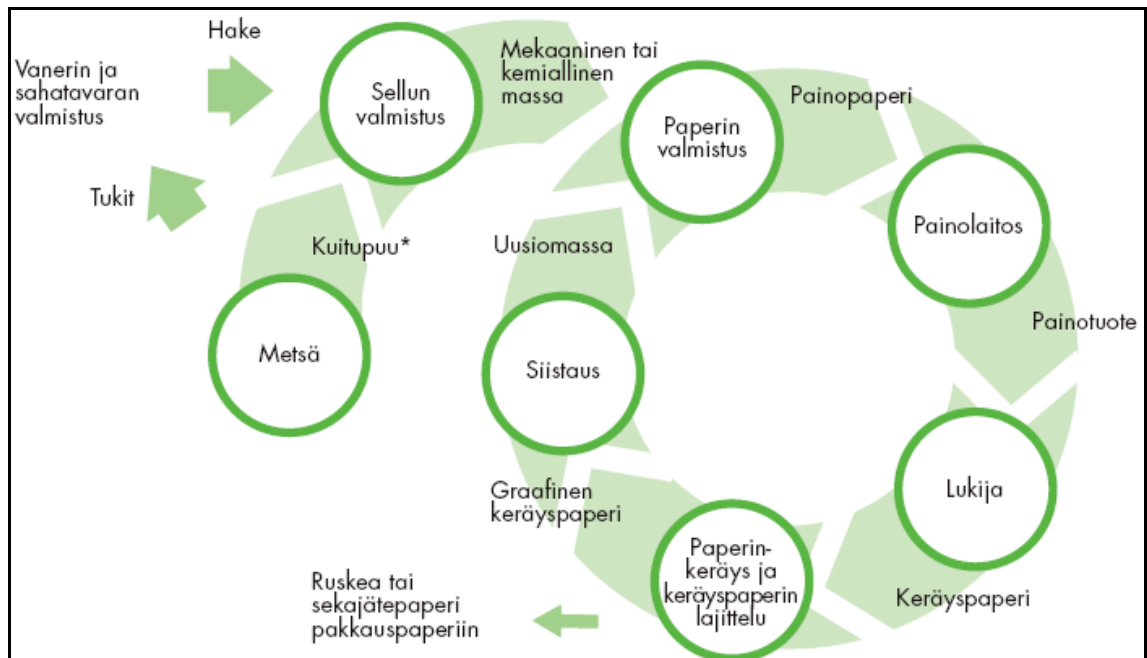
Energiapolttoaineiden kuljetus tapahtuu kuorma-autoilla. Turve ja puuperäiset polttoaineet kuljetetaan tuotantopaikoiltaan ja fossiiliset polttoaineet niiden tuontisatamista. Energiapolttoaineille tyypillistä on suhteellisen lyhyt kuljetusetäisyys.

**Taulukko 5.7** *Metsäteollisuuden käyttämien tehdaspolttoaineiden kuljetussuorite vuonna 2008.* [18; 55; 53]

Energia raaka-aine:	Määrä (1000 t)	Keskikuljetusmatka (km)	Kuljetussuorite (1000 tkm)
Puuperäiset	3 179	55	174 770
Turve	1 271	81	102 951
Raskas polttoöljy	190	126	23 095
Kivihiili	79	99	7 789
<b>Yhteensä</b>	<b>4 719</b>	<b>66</b>	<b>309 415</b>

### 5.1.7 Uusiokuitukuljetukset metsäteollisuudelle

Uusiokuidut ovat metsäteollisuusyritysten käyttämää raaka-aineita joka palautuu paperin ja kartongin kuluttajilta keräysten kautta uusiokäyttöön. Suomessa paperinkeräys on hyvin organisoitua ja käytetystä paperista palautui vuonna 2008 uusiokäyttöön 62 %, mikä on eurooppalaista keskitasoa. Asukasta kohti jaettuna määrä on 152 kiloa paperia vuodessa. Suomessa käytetään keräyspaperia tuotettuun paperimäärään verrattuna hyvin vähän, koska suurin osa tuotetusta paperista viedään ulkomaille. Noin 6 % paperin ja kartongin raaka-aineesta on uusiomateriaalia. Vuonna 2008 Suomesta vietiin keräyspaperia ulkomaille enemmän kuin sitä tuotiin. Tarkasteluvuonna keräyskuituja käytettiin Suomessa yhteensä 724 000 tonnia kun sitä kerättiin 813 000 tonnia. Kuvassa 5.7 on esitetty uusiokuidun kierto raaka-aineesta uudeksi tuotteeksi. [47; 7; 58 s. 28]



**Kuva 5.5** Uusiokuidun käyttö paperin valmistuksessa. [59]

Keräyspaperin ja -kartongin kuljetussuorite metsäteollisuuden käyttöön on esitetty taulukossa 5.8. Kuljetukset suoritetaan kuorma-autoilla. [53] Uusiokuitukuljetusketjua ja sen aiheuttamaa ympäristökuormitusta on käsitelty tarkemmin kappaleessa 6.5.

**Taulukko 5.8** Uusiokuitukuljetukset vuonna 2008.

	Kulutus	Keskikuljetusmatka	Kuljetussuorite
Keräyspaperi ja -kartonki	724 000 tonnia	81 km	58,6 milj. tkm

## 5.2 Raaka-ainekuljetusten yhteenveto

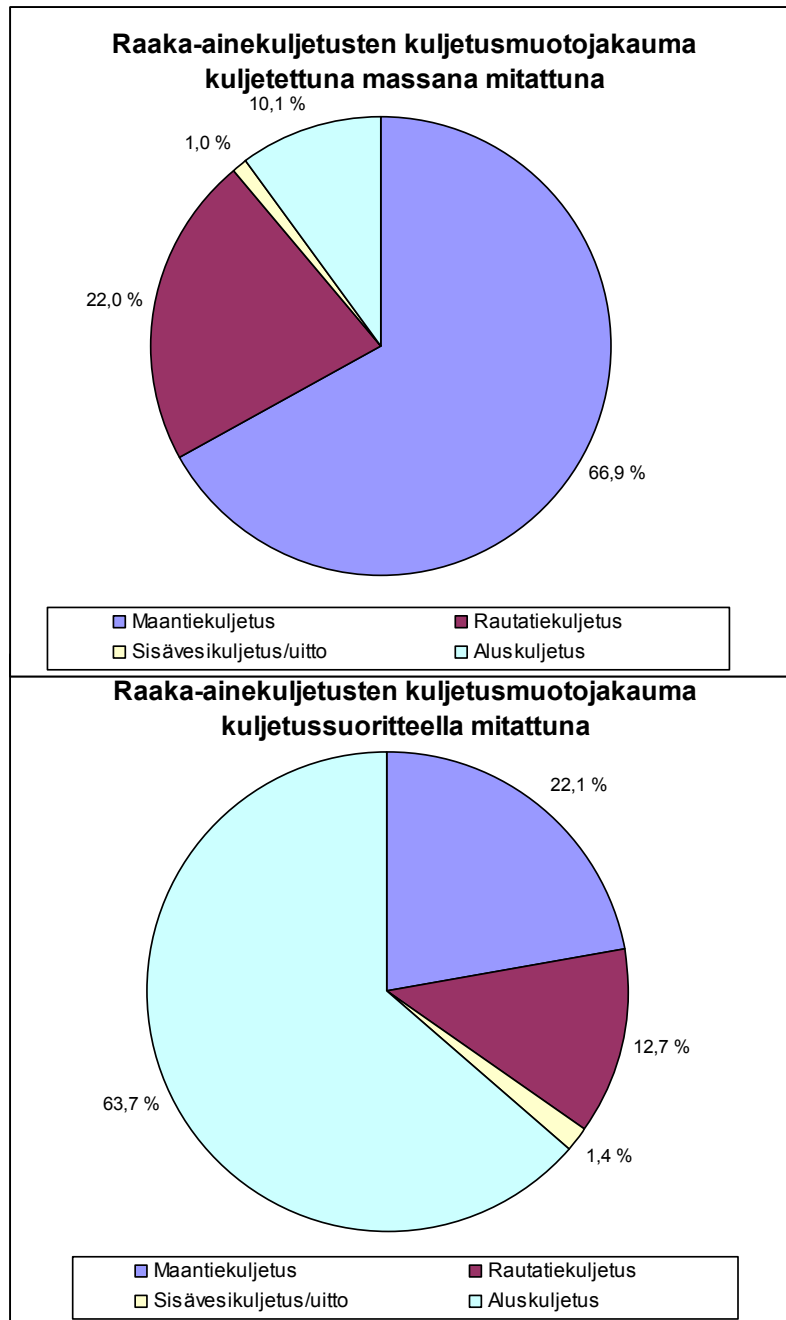
Taulukossa 5.9 on yhteenvetona näiden jokaisen kategorian kuljetussuorite ja tulevien kuljetusten kuljetussuorite yhteensä.

**Taulukko 5.9.** Tulevien kuljetusten yhteenveto raaka-aineryhmittäin vuonna 2008.

Raaka-aineryhmä	Määrä (1000 t)	Keskikuljetusmatka (km)	Kuljetussuorite (milj. tkm)
<b>1. Puuraaka-aine</b>	<b>49 998</b>	<b>187</b>	<b>10 865</b>
<i>Kotimainen</i>	38 091	129	5 937
<i>Ulkomainen</i>	11 907	414	4 928
<b>2. Sivutuote</b>	<b>11 907</b>	<b>488</b>	<b>5 809</b>
<i>Kotimainen</i>	9 690	127	1 228
<i>Ulkomainen</i>	2 217	2 066	4 581
<b>3. Mekaaninen massa ja sellu</b>	<b>1 625</b>	<b>196</b>	<b>319</b>
<b>4. Pigmentit</b>	<b>4 067</b>	<b>2 028</b>	<b>8 248</b>
<i>Kotimainen</i>	3 009	168	507
<i>Ulkomainen</i>	1 057	6 891	7 741
<b>5. Kemikaalit</b>	<b>1 736</b>	<b>205</b>	<b>356</b>
<b>6. Energiaraaka-aine</b>	<b>4 719</b>	<b>66</b>	<b>309</b>
<b>7. Uusiokuitu-materiaali</b>	<b>724</b>	<b>81</b>	<b>59</b>
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>74 775</b>		<b>25 964</b>

Raaka-aineista puutuoteteollisuudelle kuljetetaan merkittäviä määriä ainoastaan raakapuuta. Pieniä määriä kemikaaleja sekä energiaraaka-aineita käytetään myös puutuoteteollisuuden tuotannossa, mutta niiden määriä ei ole erikseen tilastoitu. Kemikaali ja energiaraaka-aine kuljetuksista suurin osa käytetään massa- ja paperiteollisuudessa. Vain pieni osa edellä mainituista raaka-aineryhmittä on allukoitu puutuoteteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitukseksi. Lastulevyteollisuus käyttää tuotannossaan vähäisiä määriä tuontihaketta, mikä on huomioitu kuljetussuoritteita kohdennettaessa metsäteollisuuden eri osiin.

**Kuljetusmuotojakauma** vaikuttaa päästöjen määrään ja eri päästökomponenttien suhteelliseen osuuteen. Raaka-aineiden kuljetusmuotojakauma esitetään kuvassa 5.6 ja taulukossa 5.10 kuljetussuoriteosuuksien perustuen. Raaka-aineiden kuljetussuoritejakaumista näkyy Suomen maantieteellinen rooli ”saarivaltiona”: merkittävä osuus raaka-aineista kuljetetaan merikuljetuksin kuljetussuoritteella mitattuna. Vaikka raakapuukuljetusten osalta uitolla onkin oma merkityksensä, sen osuus raaka-aineiden kokonaiskuljetussuoritteesta on 0,8 % ja vesitiekuljetusten suoritteesta vain 1,3 %. Vesitiekuljetusten osuutta kuljetussuoritteesta nostavat erityisesti kaoliinin ja hakkeen kuljettamisesta aiheutuva yli 12 miljoonan tonnikipometrin kuljetussuorite. Kuljetussuoritteella mitattuna vesiteitse tapahtuvien kuljetusten osuus on yli 65 %.



**Kuva 5.6** Tulevien kuljetusten kuljetusmuotojakaumat 2008.

Kun tarkastellaan raaka-ainekuljetuksia pelkästään Suomen talousalueen sisäpuolella, pienenee meriliikenteen kuljetussuoritteiden määrä huomattavasti. Vesiliikenteen keskikuljetusmatka pienentyy kolmikantapisteeseen (kuva 2.10) tapahtuvasta rajauksesta johtuen noin 2 000 kilometristä alle 350 kilometriin. Kuljetussuoritteella mitattuna meriliikenteen osuus putoaa 21 prosenttiin (uiton osuus 3,1 % raaka-aineiden kokonaissuoritteesta), sillä yli puolet suoritteesta aiheutuu Suomen talousalueen ulkopuolella tapahtuvista kuljetuksista. Samalla muiden kuljetusmuotojen prosentuaalinen osuus (taulukko 5.10) kasvaa kaksinkertaiseksi kuvan 5.6 tilanteeseen verrattuna.

**Taulukko 5.10** Raaka-ainekuljetusten kuljetussuoritteet kuljetusmuodoittain sekä kuljetusmuotojakaumat 2008.

<b>kuljetusketju lähtösatamasta määränpää satamaan tarkasteltuna</b>				
<b>Kuljetusmuoto</b>	<b>Määrä 1000 t</b>	<b>Keskikuljetusmatka km</b>	<b>Kuljetussuorite milj. tkm</b>	<b>Jakauma</b>
Tiekuljetus	50 052	115	5 739	22,1 %
Rautatiekuljetus	16 476	201	3 310	12,7 %
Vesitiekuljetus	8 247	2 051	16 915	65,1 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>74 775</b>	<b>347</b>	<b>25 965</b>	<b>100,0 %</b>
<b>Suomen talousalueen sisäpuolinen liikenne</b>				
<b>Kuljetusmuoto</b>	<b>Määrä 1000 t</b>	<b>Keskikuljetusmatka km</b>	<b>Kuljetussuorite milj. tkm</b>	<b>Jakauma</b>
Tiekuljetus	50 052	115	5 739	48,2 %
Rautatiekuljetus	16 476	201	3 310	27,8 %
Vesitiekuljetus	8 247	347	2 863	24,0 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>74 775</b>	<b>159</b>	<b>11 912</b>	<b>100,0 %</b>

**Teollisuuden alan** mukaisessa jaottelussa voidaan havaita massa- ja paperiteollisuuden suuri volyymi raaka-aineiden käytössä. Taulukossa 5.11 on jaoteltu raakapuun kuljetussuoritteet kemialliselle (paperi ja massateollisuus) sekä mekaaniselle (puutuoteteollisuus) metsäteollisuudelle. Jaottelu on tehty raakapuun ja sivutuotteiden käytön perusteella. Muissa raaka-aineryhmissä massa- ja paperiteollisuus käyttää lähes kokonaan kyseisen raaka-aineryhmän volyymien. [18 s. 248]

Taulukossa 5.11. kuljetussuoritteiden arvot on laskettu ulkomaisen raakapuun ja hakkeen osalta niiden lähtösatamien perusteella. Kun tarkastellaan kuljetusketjua rajaamalla se kolmikantapisteeseen, pienenee varsinkin ulkomaisen hakkeen keskikuljetusmatka. Suomen talousalueelle rajattu kuljetusketju pudottaa ulkomaisen hakkeen keskikuljetusmatkaa 2 066 kilometristä 306 kilometriin.

Taulukon 5.11 perusteella massa- ja paperiteollisuuden osuus raakapuun ja hakkeen kuljetussuoritteesta on noin 80 % ja puutuoteteollisuuden 20 %. Puutuoteteollisuuden osalta summa jakautuu siten, että teolliset sahats aiheuttavat noin 79 %, vaneriteollisuus noin 15 %, lastulevyteollisuus viisi prosenttia ja kuitulevyteollisuus yhden prosentin kuljetussuoritteesta.

**Taulukko 5.11** *Raaka-ainepuun ja hakkeen kuljetussuoritteiden jaottelu metsäteollisuudenaloittain käytön perusteella. [18 ss. 257-270]*

<b>Metsäteollisuudenala</b>	<b>Määrä (1000 t)</b>	<b>Keskikuljetusmatka (km)</b>	<b>Kuljetussuorite (milj. tkm)</b>
<b>Massateollisuus yht.</b>	<b>41 196</b>	<b>292</b>	<b>12 047</b>
Raakapuu ja tuontihake	32 037	339	10 866
<i>Kotimainen raakapuu</i>	<i>20 971</i>	<i>129</i>	<i>2 705</i>
<i>Ulkomainen raakapuu</i>	<i>8 900</i>	<i>414</i>	<i>3 684</i>
<i>Ulkomainen hake</i>	<i>2 166</i>	<i>2 066</i>	<i>4 476</i>
Kotimainen hake	9 160	129	1 182
<b>Puutuoteteollisuus yht.</b>	<b>20 706</b>	<b>153</b>	<b>3 169</b>
Teollisuussahat	17 154	141	2 421
<i>Kotimainen raakapuu</i>	<i>16 422</i>	<i>129</i>	<i>2 118</i>
<i>Ulkomainen raakapuu</i>	<i>732</i>	<i>414</i>	<i>303</i>
Vaneriteollisuus	2 971	193	575
<i>Kotimainen raakapuu</i>	<i>2 299</i>	<i>129</i>	<i>297</i>
<i>Ulkomainen raakapuu</i>	<i>672</i>	<i>414</i>	<i>278</i>
Lastulevyteollisuus	335	422	141
<i>Sahateollisuuden sivut.</i>	<i>284</i>	<i>127</i>	<i>36</i>
<i>Ulkomainen hake</i>	<i>51</i>	<i>2 066</i>	<i>105</i>
Kuitulevyteollisuus	247	127	31
<i>Kotimainen hake</i>	<i>247</i>	<i>127</i>	<i>31</i>
Muu puutuoteteollisuus*	326	-	-
* puusepänteollisuutta ei huomioida tutkimuksessa, sisältää mm. pylväitä ja hirsirakenteita			

Taulukossa 5.12 on esitetty metsäteollisuuden kaikkien tulevien raaka-aineiden kuljetussuoritteiden jakauma massa- ja paperiteollisuudelle sekä puutuoteteollisuudelle jaettuna. Kolmikantapisteeseen rajattuna kuljetussuorite vähenee esitetystä noin 14 miljoonaa tonnikilometriä. Kuljetussuorite on lähes yksinomaan massa- ja paperiteollisuuden osuutta tuontihakkeen, kuitupuun ja kaoliinin tuonnin vuoksi.

**Taulukko 5.12** *Raaka-aineiden kuljetussuoritteiden jaottelu metsäteollisuuden alan perusteella.*

<b>Metsäteollisuuden ala</b>	<b>Kuljetussuorite</b>	<b>%-osuus</b>
Puutuoteteollisuus yht.	3 472 milj. tkm	13,4 %
Massateollisuus yht.	22 492 milj. tkm	86,6 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>25 964 milj. tkm</b>	<b>100,0 %</b>

### 5.3 Tuotekuljetukset

Tuotekuljetuksilla, eli tuotantolaitoksilta lähtevillä valmiiden tuotteiden kuljetuksilla, tarkoitetaan vientiin ja kotimaiseen kulutukseen menevän tuotannon suoritetta. Kuljetusketjut jokaisella tuoteryhmällä ovat pääpiirteittäin yhtenevät: juna- tai autokuljetuksella satamaan, mistä tuotteet ahdetaan kontteihin tai muihin suuryksiköihin. Tutkimuksessa on tarkasteltu kuljetusketjujen jokaista osatekijää erikseen, mikä parantaa yksittäisen tuotteen kuljettamisesta aiheutuvan ympäristökuormituksen analysointia. Laivakuljetukset suuntautuvat pääasiassa Keski-Euroopan suurten rahtisatamien kautta tarvittaessa kaukaisemmille markkina-alueille. Tähän logistisen ketjun seurattavuus Suomen virallisista lähteistä katkeaa, joten uudelleenlaivaamisen jälkeinen kuljetus on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle.

#### 5.3.1 Paperi- ja kartonkikuljetukset

Tutkimuksessa paperi ja kartonki on käsitelty saman otsikon alla, sillä myös kuljetustilastoinnissa ne on yhdistetty kokonaisuudeksi. Suomen paperiyritykset tuottivat vuonna 2008 yli 13 miljoonaa tonnia paperia ja kartonkia. Kotimaassa kuljetettiin paperia ja kartonkia yli 14 miljoonaa tonnia. Osa tuotannosta on kuljetettu sekä tie- että rautatiekuljetuksena, jolloin kuljetussuoritetta aiheutuu molemmille kuljetusmuodoille. Vientiin menevän tuotannon osuus oli vajaa 12 miljoonaa tonnia (tarkat arvot taulukossa 5.13) ja loput 1,3 miljoonaa tonnia kulutettiin kotimaassa. Tuotetuista paperi- ja kartonkivalmisteista vietiin hieman yli 90 % ulkomaille vuonna 2008 (91,6 %). [57]

Paperin ja kartongin kuljetusketjut muodostuvat tyypillisesti junakuljetuksesta tuotantolaitoksilta satamiin, joista tuotteet kuljetetaan suuryksiköissä aluskuljetuksin feeder- tai määränpääsatamiin. Kotimaisille asiakkaille kuljetukset suoritetaan autokuljetuksin. Vuonna 2008 junakuljetuksia käytettiin yli 50 %:ssa (53,5 %) tuotannon kokonaismäärästä ja kuljetusten keskietäisyys Suomessa oli 250 kilometriä. Kuorma-autoilla kuljetettiin kotimaassa vajaa 7,3 miljoonaa tonnia paperi- ja kartonkituotteita keskietäisyyden ollessa 118 kilometriä. [18 ss. 192-195]

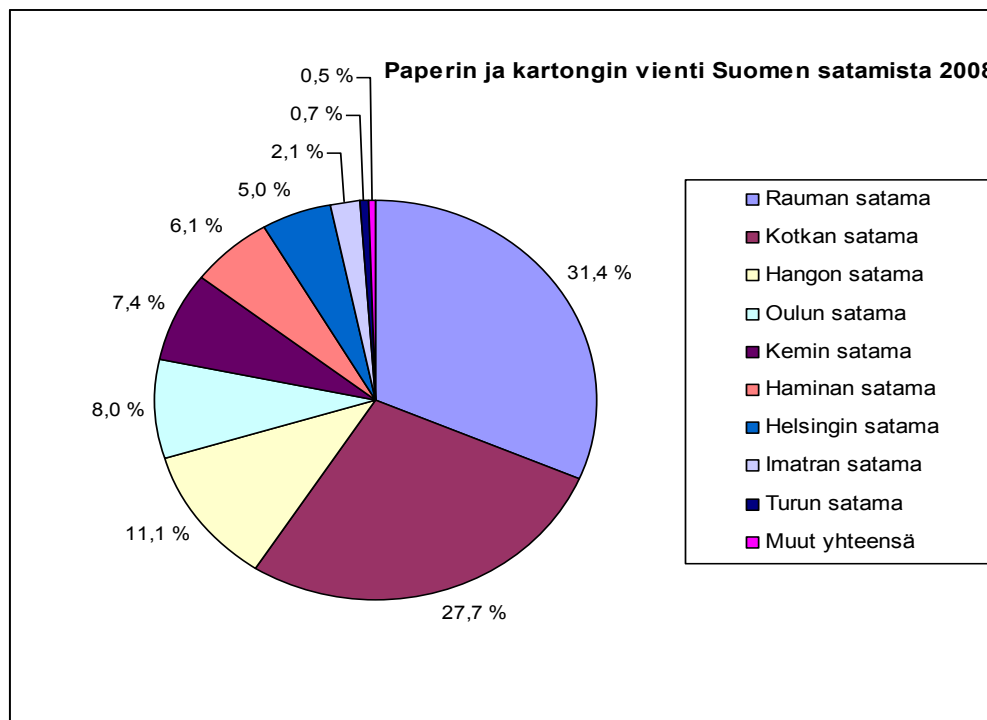
Aluskuljetuksin kuljetettiin ulkomaille noin 10,8 miljoonaa tonnia paperi- ja kartonkituotteita. Merikuljetusten keskimatka on laskettu painotettuna keskiarvona lähtö- ja määränpääsatamien volyymien mukaisesti. Määränpääsatamiin suuntautuvista vientivolyyymeista on taulukko liitteessä 5. Taulukossa 5.13 on esitetty paperi- ja kartonkikuljetusten kuljetussuoritteet. Kotimaassa kuljetettu paperi- ja kartonkimäärä on suurempi kuin vuoden 2008 tuotanto. Tämä on selitettävissä sillä, että pientä osaa tuotteista kuljetetaan kahdella kuljetusvälineellä: kuorma-autolla ja junalla. Kotimaan maantiekuljetus sisältää myös metsäteollisuuteen liittyvien painotuotteiden kuljetuksen, joita ovat vähemmän tuotetut erikoiserät paperi- ja kartonkituotteita. [18 s. 193]

Loppuosuus vientikuljetuksista jakautuu rautatie-, maantie ja sisävesikuljetusten suhteen siten, että rautateitse kuljetettiin noin 570 000 tonnia, maanteitse noin 520 000 tonnia ja sisävesikuljetuksin noin 210 000 tonnia paperi- ja kartonkituotteita.

Koska näiden kuljetusten määränpäästä ei ole kattavaa tilastointia, kuljetusten ympäristökuormitusten tarkastelu on katkaistu Suomen rajoille ja keskietäisyyksinä käytetään kotimaan kuljetusten vastaavien kuljetusmuotojen keskietäisyyksiä. Nämä kuljetukset ovat mukana kotimaan vastaavan kuljetusmuodon kuljetuksissa. Kuvassa 5.10 on esitetty vientisatamat ja niiden kautta kuljetetun paperin ja kartongin määrän jakauma. Osa konteissa kuljetettavasta paperista ja kartongista tilastoituu meriliikennetilastoissa suuryksiköiksi, mikä muuttaa satamien markkinaosuuksia [23]. Liitteessä 4 on luetteloitu satamien välisiä etäisyyksiä. [18 ss. 192 - 195]

**Taulukko 5.13** Paperin ja kartongin kuljetussuoritemäärät vuonna 2008. [15, 18 ja 13]

<b>Paperi ja kartonki -kotimaan kuljetukset</b>				
	<b>Määrä</b> 1000 tonnia	<b>Etäisyys</b> kilometriä	<b>Kuljetussuorite</b> 1000 tkm.	<b>Osuus suoritteesta</b> %
Maantiekuljetus	7 279	118	856 000	32,8 %
Rautatiekuljetus	7 021	250	1 754 000	67,2 %
Sisävesi	-	-	-	0,0 %
Merikuljetus	-	-	-	0,0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>14 300</b>	<b>183</b>	<b>2 610 000</b>	<b>100 %</b>
<b>Paperi ja kartonki -vienti</b>				
	<b>Määrä</b> 1000 tonnia	<b>Etäisyys</b> kilometriä	<b>Kuljetussuorite</b> 1000 tkm.	<b>Osuus suoritteesta</b> %
Maantiekuljetus	516	118	kotimaan suorite	0,2 %
Rautatiekuljetus	568	250	kotimaan suorite	0,5 %
Sisävesi	206	196	40 376	0,1 %
Merikuljetus	10 747	2 527	27 157 669	99,1 %
<b>Yhteensä</b>	<b>12 037</b>		<b>27 198 045</b>	<b>100 %</b>



**Kuva 5.10** Paperin ja kartongin vienti Suomen satamista 2008 [25 s. 52]



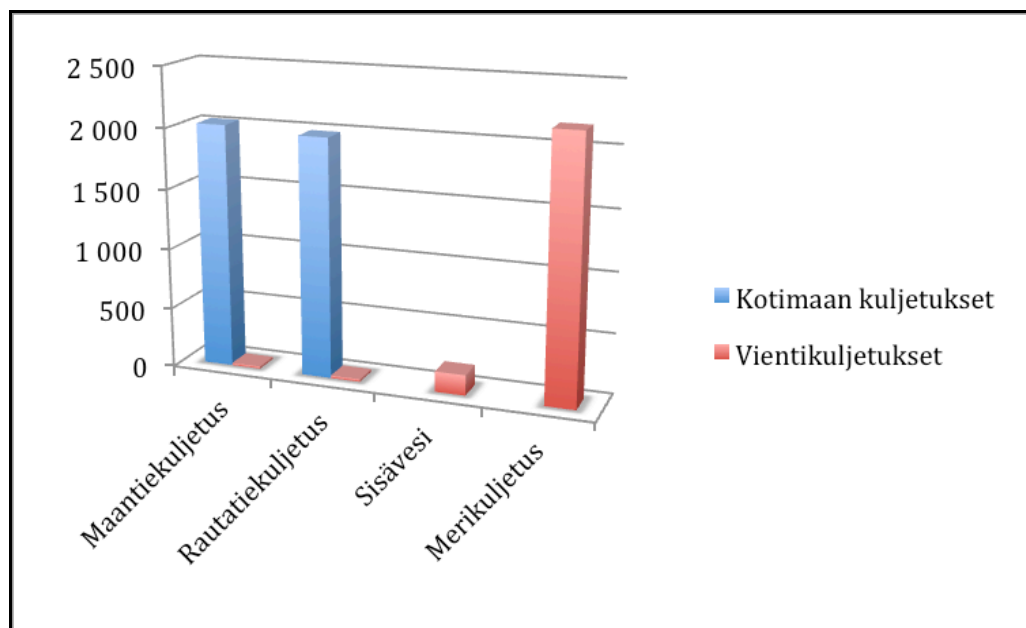
### 5.3.2 Sellukuljetukset

Vientiin menevät massakuljetukset ovat pääasiallisesti sellua, sillä mekaanisia massoja tuotetaan vientiin hyvin vähän. Pääasiassa sellu käytetään samalla tehdasalueella olevassa paperitehtaassa, eikä siitä ei aiheudu kuljetussuoritetta. Osa tuotetusta sellusta viedään kuitenkin ulkomaille. Vuonna 2008 sellua vietiin lähes 2,4 miljoonaa tonnia (noin 33 %) tuotetusta noin 7,2 miljoonasta sellutonnista. [18 ss. 192-195] Sellukuljetuksetkin hoidetaan pääasiassa juna- ja laivakuljetuksin muodostamin ketjuin.

Vientikuljetuksista yli 98 % kokonaismassasta kuljetettiin vesiteitse (taulukko 5.14) ja tästä määrästä valtaosa laivoilla Euroopan satamiin (91,2 % viedyn sellun kokonaismäärästä, Liite 6). Sisävesikuljetusten keskimääräisenä kuljetusmatkana on käytetty paperin ja kartongin sisävesikuljetusten kuljetusmatkaa, sillä viennin osalta sisävesikuljetusten määränpääsatamia ei ole tilastoitu. Maantie- ja rautatiekuljetukset viennin osalta ovat mukana kotimaan kuljetussuoritteessa, sillä niiden kuljetusetäisyyksiä ulkomaille ei ole tilastoitu asiakkaiden sijainnin puuttumisen vuoksi. Kuvassa 5.11 on esitetty sellukuljetusten jakauma kuljetusmuodoittain, mistä näkyy selvä työnjako kuljetusmuotojen välillä kotimaan ja viennin kuljetuksissa.

**Taulukko 5.14** Massakuljetusten suoritelmäärät viennissä vuonna 2008 [20, 18, 25]

<b>Massojen vientikuljetukset</b>				
	<b>Määrä</b> 1000 tonnia	<b>Etäisyys</b> kilometriä	<b>Kuljetussuorite</b> 1000 tkm.	<b>Osuus suoritteesta</b> %
Maantiekuljetus	18	143	kotimaan suorite	0,0 %
Rautatiekuljetus	21	281	kotimaan suorite	0,1 %
Sisävesi	170	196	33 320	0,6 %
Merikuljetus	2 170	2 607	5 657 190	99,3 %
<b>Yhteensä</b>	<b>2 379</b>		<b>5 690 510</b>	<b>100,0 %</b>



**Kuva 5.11** Massojen vienti Suomen satamista 2008 [25 s. 52]

### 5.3.3 Sahatavaran kuljetukset

Sahatavarasta suurin osa menee muiden tuoteryhmien tavoin vientiin kotimaan kulutuksen ollessa hieman alle puolet (39,3 % vuonna 2008) vuotuisesta tuotannosta. 2008 Suomessa tuotettiin lähes 9,9 miljoonaa kuutiometriä sahatavaraa, josta mäntysahatavaraa oli noin 57 % ja kuusisahatavaraa loput. Lehtipuista valmistettavan sahatavaran määrä suurilla teollisilla sahoilla on hyvin vähäinen, eikä kotimainen tuotanto riitä edes kysynnän täyttämiseen Suomessa. Sahatavaraa meni vientiin noin kuusi miljoonaa kuutiota. Suomessa on lukuisia pieniä yksityisiä sahayrittäjiä, joiden vuosittainen tuotanto ei ylitä 10 000 kuutiometrin määrää. Lukumääräisesti suuri joukko sahayrittäjistä muodostaa kuitenkin noin kymmenesosan sahauskapasiteetista. Näiden yrittäjien tuotannon määrä on arvioitu Metlan tilastoissa, joita tässä tutkimuksessa on käytetty. [18]

Sahatavaran tilastoidut määrät tonnimääräisinä poikkeavat hieman eri tahojen käyttämien kuutio/tonni-muutoskerrointen eroavaisuuksista johtuen. Tutkimuksessa on käytetty Metsäntutkimuslaitoksen ilmoittamia sahatavaran tuotantomääriä, joten myös muunnoskertoimena käytetty sen keskiarvoa sahatavaran kuutiopainoksi. Metlan mukaan yksi kuutio sahatavaraa on painanut keskimäärin noin 512 kiloa vuonna 2008 (ilmakuivan sahatavaran painot puulajeittain: kuusisahatavara 450 ja mäntysahatavara 540 kiloa kuutiolta) [60]. Leskisen käyttämä muunnoskerroin tutkimuksessaan vuodelta 2000 on ollut 530 kiloa kuutiolta sahatavaraa. Tonnimääräiseen kuljetussuoritteeseen tulee noin 3 %:n ero edelliseen tutkimukseen verrattuna. [18; 43 s.39]

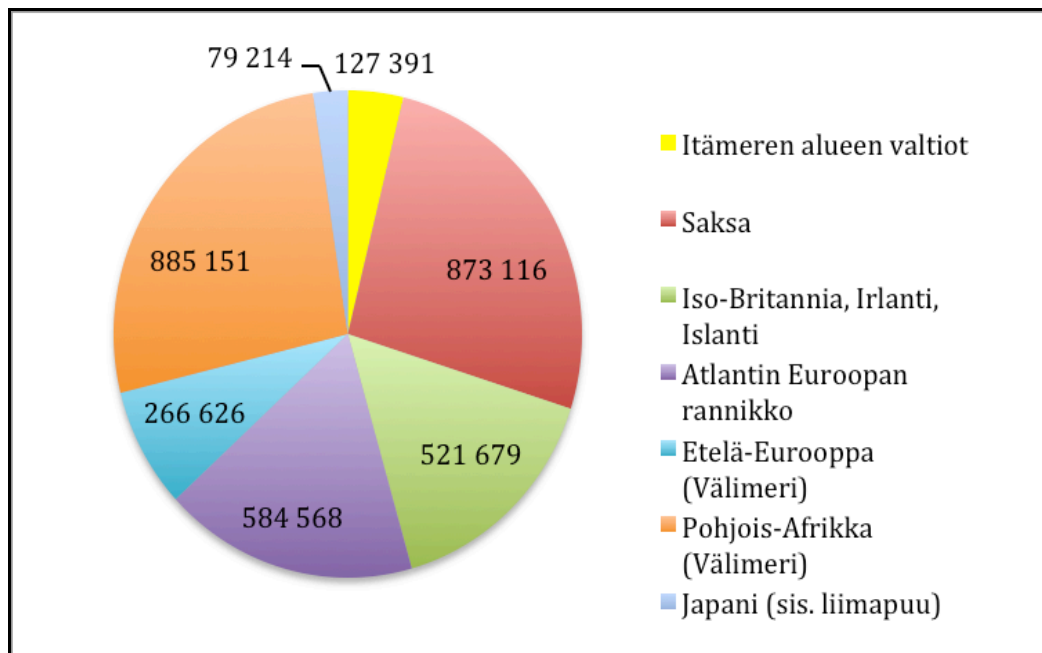
Rautatiekuljetusten osuus sahatavarakuljetuksista ei ole niin merkittävä kuin massa- ja paperiteollisuuden tuotteiden kuljetuksissa. Kotimaan sisäisissä kuljetuksista 35 % kuljetetaan rautateillä ja loput kuorma-autokuljetuksin. Kuorma-autokuljetuksien keskimääräistä kuljetusmatkaa on arvioitu koko puutuoteteollisuuden keskimääräisen kuljetusetäisyyden avulla. Keskimääräiset kuljetusetäisyydet kotimaassa ovat raidekuljetuksissa 360 kilometriä ja tiekuljetuksissa 151 kilometriä. Junakuljetusten pidempien etäisyyksien vuoksi niiden kuljetussuorite on kuitenkin tiekuljetuksia suurempi (Taulukko 5.15). Sahatavaran vientikuljetuksissa merikuljetusten osuus on liki 100 %.

Huomattavaa sahatavaran keskikuljetusmatkassa on se, että sahatavara kuljetetaan yleisesti suorana kuljetuksena Välimeren rannikolla oleville asiakkaille. Koska uudelleen laivaaminen feeder-satamissa jää yleensä sahatavaran osalta pois, lisääntyy merikuljetusten laskennallinen keskikuljetusmatka huomattavasti massan ja paperin vientikuljetuksiin verrattuna (vertaa taulukot 5.14 ja 5.15). Pohjois-Afrikkaan suuntautuvan sahatavaran kuljetusten aiheuttamaa ympäristökuormitusta on tarkasteltu lähemmin luvussa 6.3.

**Taulukko 5.15.** Sahatavarankuljetussuoritemäärät vuonna 2008. [20; 18; 44]

<b>Sahatavarankuljetukset -kotimaa</b>				
	<b>Määrä</b> 1000 tonnia	<b>Etäisyys</b> kilometriä	<b>Kuljetussuorite</b> 1000 tkm.	<b>Osuus suoritteesta</b> %
<b>Maantiekuljetus</b>	4 360	<b>151</b>	659 079	72,5 %
Rautatiekuljetus	696	<b>360</b>	250 500	27,5 %
Sisävesi	-	-	-	0,0 %
Merikuljetus	-	-	-	0,0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>5 056</b>	<b>180</b>	<b>909 579</b>	<b>100 %</b>
<b>Sahatavarankuljetukset -vientä</b>				
	<b>Määrä</b> 1000 tonnia	<b>Etäisyys</b> kilometriä	<b>Kuljetussuorite</b> 1000 tkm.	<b>Osuus suoritteesta</b> %
Maantiekuljetus	39	151	kotimaan suorite	0,1 %
Rautatiekuljetus	5	360	kotimaan suorite	0,0 %
Sisävesi	29	196	5 684	0,1 %
Merikuljetus	2 993	3 775	11 298 575	99,9 %
<b>Yhteensä</b>	<b>3 066</b>		<b>11 304 259</b>	<b>100,0 %</b>

Kuvassa 5.12 on esitetty suomalaisen sahateollisuuden tärkeimpiä vientialueita vuonna 2008. Lähde on Liikenneviraston merenkulun tilastoista sahatavaraa vastaanottavat satamat. Kuvassa on havaittavissa Saksan, Iso-Britannian ja Pohjois-Afrikan merkitys suurivolyymisena markkina-alueena. Osa Saksan ja Atlantin rannikon satamista toimii feeder-satamana, eli osalla sahatavarasta kuljetus jatkuu kauempiin satamiin. Kuvaaja ei siis täysin vastaa alueiden vientimääriä. Liitteessä 7 on esitetty sahatavaran kotimaan vientisatamien osuudet vuodelta 2008.

**Kuva 5.12** Sahatavaran vientialueet 2008 tonnimääräisenä [25 ss. 62 - 72]

### 5.3.4 Levyteollisuustuotteiden kuljetukset

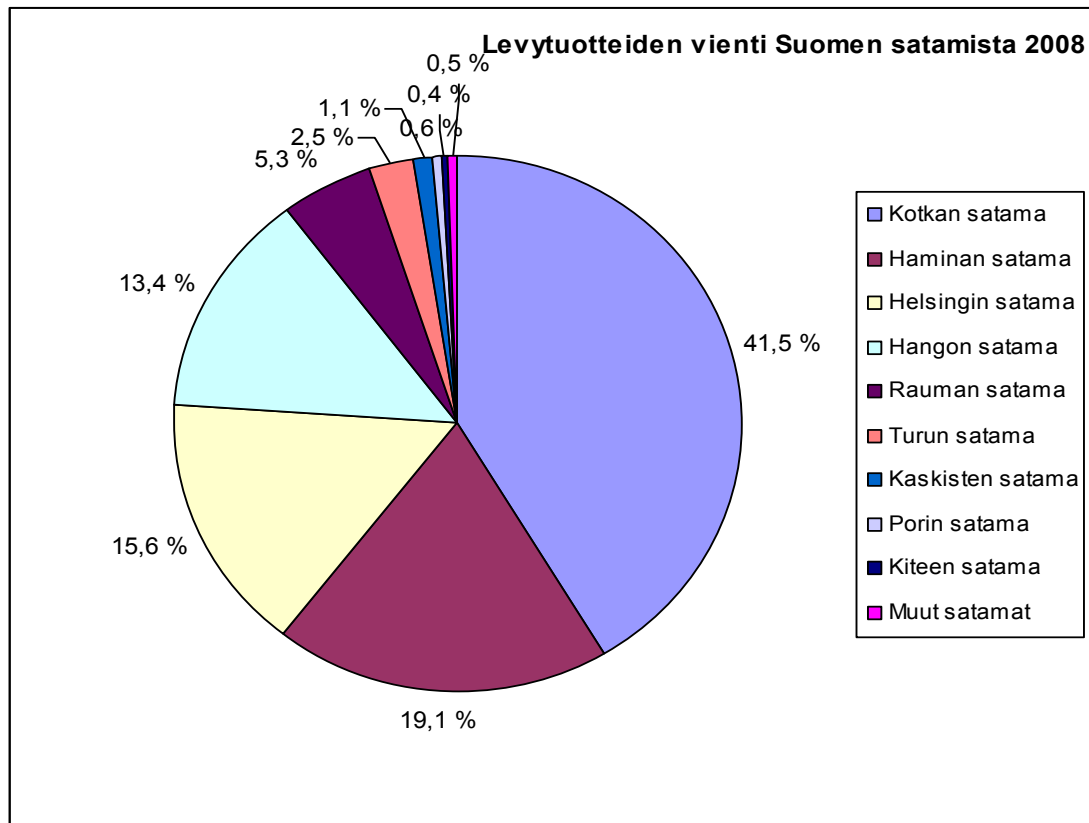
Levyteollisuus sisältää lastu- ja kuitulevyt sekä vanerien tuotannon. Näiden tuoteryhmien yhteenlaskettu tuotanto vuonna 2008 oli yli 1,6 miljoonaa kuutiota (taulukko 5.16), mistä vientiin meni yli kolme neljäsosaa tuotannosta (noin 1,2 miljoonaa kuutiota). Suurin yksittäinen tuoteryhmä oli vaneri lähes 1,3 miljoonan kuution tuotannolla. Kotimainen käyttö kotimaisille levyteollisuuden tuotteille on ollut 350 000 kuutiota eli 200 000 tonnia vuonna 2008. [18]

Kuten kuutiomääräisesti tilastoitavan sahatavaran kohdalla on tutkimuksessa menetelty, myös levytuotteiden vuoden 2008 tuotannon keskimääräinen kuutiopaino on laskettu Metsäntutkimuslaitoksen tilastoista (569 kiloa kuutiolta). Metlan julkaisemaa arvoa on käytetty tonnimääräisten kuljetussuoritteiden laskemiseen. Taulukkopainot levytuotteille vaihtelevat niiden laadusta riippuen hyvin paljon ollen 400 – 900 kiloa kuutiometriä kohti. [60]

Levyteollisuuden tuotteiden vientikuljetusten volyymista suoritetaan laivoilla yli 92 %. Vientisatamien osalta kuvaaja on esitetty kuvassa 5.13. Keskimääräisenä kuljetusetäisyytenä kuorma-autokuljetuksissa on käytetty koko puutuoteteollisuuden keskimääräisiä kuorma-autoilla tehtäviä kuljetusmatkoja. VR:n tilastoista ilmenee, että muun puutuoteteollisuuden keskimääräinen kuljetusetäisyys on sahatavaraan verrattuna noin 70 kilometriä lyhempi. [18; 38]

**Taulukko 5.16.** *Levytuoteteollisuuden kuljetussuoritemäärät vuonna 2008.* [20; 18; 44]

<b>Levytuotekuljetukset -kotimaa</b>				
	<b>Määrä</b> 1000 tonnia	<b>Etäisyys</b> kilometriä	<b>Kuljetussuorite</b> 1000 tkm.	<b>Osuus suoritteesta</b> %
<b>Maantiekuljetus</b>	676	<b>151</b>	102 031	63,1 %
Rautatiekuljetus	206	<b>289</b>	59 621	36,9 %
Sisävesi	-	-	-	0,0 %
Merikuljetus	-	-	-	0,0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>882</b>	<b>183</b>	<b>161 651</b>	<b>100 %</b>
<b>Levytuotekuljetukset -vienti</b>				
	<b>Määrä</b> 1000 tonnia	<b>Etäisyys</b> kilometriä	<b>Kuljetussuorite</b> 1000 tkm.	<b>Osuus suoritteesta</b> %
Maantiekuljetus	53	151	kotimaan suorite	0,6 %
Rautatiekuljetus	1	289	kotimaan suorite	0,0 %
Sisävesi	-	-	0	0,0 %
Merikuljetus	654	1 952	1 276 608	99,4 %
<b>Yhteensä</b>	<b>708</b>		<b>1 276 608</b>	<b>100,0 %</b>



**Kuva 5.13** Levytuotteiden vienti Suomen satamista 2008 [25 s. 52]

### 5.3.5 Liimapuun kuljetukset

Suomessa tuotettiin 235 000 kuutiota liimapuuta vuonna 2008. Liimapuutuotteet valmistetaan kuivatusta sahatavarasta yhdistämällä lankut puristamalla niitä liiman ollessa välissä yhteen. Massasta alle yksi prosentti on liima-aineita, jonka lisäksi liimapuun pinnassa voidaan käyttää puun normaaleja pintakäsittelyaineita.

Tuotetusta määrästä 185 000 kuutiota meni vientiin. Euroopan alueelle vietiin 55 000 kuutiota ja ulkomarkkinoille, käytännössä Japaniin, 130 000 kuutiota. Japani on siis ylivoimaisesti suurin yksittäinen suomalaisen liimapuun kuluttaja. [61]

Liimapuu on muutettu tonnimääräiseksi käyttämällä sahatavaran kuutiopainoa. Taulukossa 5.17 on taulukoitu liimapuun aiheuttama kuljetussuorite. Kotimaan sisällä tapahtuvien kuljetusten keskimatkat ovat Tilastokeskuksen mekaanisten metsäteollisuustuotteiden ryhmästä.

**Taulukko 5.17** Liimapuutuotteiden kuljetussuoritemäärät vuonna 2008. [20; 18; 44]

Paikka	Määrä (t)	Kuljetusmatka (km)	Kuljetussuorite (1000 tkm)
Suomi	117 760	151	17 782
Eurooppa	28 160	2 100	59 136
Japani	66 560	22 800	1 517 568
<b>Yhteensä</b>	<b>212 480</b>		<b>1 594 486</b>

### 5.3.6 Pellettikuljetukset

Puupellettejä valmistettiin Suomessa 373 000 tonnia vuonna 2008. Pelletit valmistetaan sahan ja kutterinpurusta puristamalla. Pellettien tuotanto hyödyntää siis mekaanisessa puunjalostuksessa syntyviä sivutuotevirtoja. Pellettituotantoa vaivasi tarkasteluvuoden aikana raaka-ainepula, jonka vuoksi tuotanto jäi tavoitteista. Suomessa pellettien käyttäjät ovat suurelta osin yksityisasiakkaita ja pellettiteollisuuden suurimmat asiakkaat rautakauppakettuja. Ulkomailla pellettejä hyödynnetään enemmän keskitetysti suurissa voimalaitoksissa. [62]

Vientiin pellettejä meni 227 000 tonnia eli hieman yli 60 %. Tärkeimmät vientialueet ovat Itämeren alueella, kuten Ruotsi ja Tanska [62]. Tullihallituksen keräämien tietojen mukaan vientiin menneistä pelleteistä Ruotsiin vietiin 82,2 % ja Tanskaan 17,8 % [46]. Pellettejä kuljetetaan vientiin pääasiassa laivoilla rannikon satamista (Inkoo, Kaskinen, Loviisa, Oulu ja Kokkola) sekä Joensuusta. Kuljetukset satamiin suoritetaan kuorma-autokuljetuksin. Tutkimuksessa keskimääräisenä kuljetusetäisyytenä on käytetty mekaanisen metsäteollisuuden tuotteiden keskikuljetusmatkaa. Pellettien kuljetussuoritteet on esitetty taulukossa 5.18. [62]

**Taulukko 5.18** Pellettien kuljetussuoritemäärät vuonna 2008.

Paikka	Määrä (t)	Kuljetusmatka (km)	Kuljetussuorite (1000 tkm)
Suomi	373 000	151	56 323
Ruotsi	186 594	400	74 638
Tanska	40 406	1 300	52 528
<b>Yhteensä</b>	<b>454 000</b>		<b>183 488</b>

### 5.3.7 Mäntyöljykuljetukset

Sulfaattisellun valmistamisessa sivutuotteina syntyvää mäntyöljyä sekä tärpättiä valmistettiin noin 227 000 tonnia vuonna 2008. Suurin osa tästä on mäntyöljyä [47]. Pääosa mäntyöljystä tislataan eri tarkoituksiin sopiviksi tuotteiksi tislaamoilla. Mäntyöljystä saatavia tuotteita käytetään pääasiassa kotimaisen kemianteollisuuden raaka-aineena [63 s. 215].

Tuotannosta vientiin mäntyöljytuotteita on mennyt tullin tietojen mukaisesti noin 94 000 tonnia ja tärpättiä vajaat 4 000 tonnia. Tullin tilastosta käy selville, että mäntyöljyn vienti on suuntautunut Eurooppaan, mutta vientimaita ei järjestelmästä saa selville. Vientimaiden puuttumisen takia mäntyöljykuljetuksen tarkastelussa on poikkeuksellisesti mukana vain kotimaan sisällä tapahtuvat kuljetukset. Kuljetussuorite kotimaassa on esitetty taulukossa 5.19. [46]

Mäntyöljyä tislataan Suomessa Oulussa, Raumalla ja Helsingissä ja jalosteita valmistavia yrityksiä on kaksi: Arizona Chemical ja Forchem. Mäntyöljyä käyttäviä tislaamoja on Suomessa vain kolme eli mäntyöljyä käyttävät tislaamot ovat harvassa. Tämä pidentää keskikuljetusmatkaa sellutehtailta tislaamoille. Toisaalta Oulussa syntyy noin 20 000 tonnia mäntyöljyä, jota ei siis tarvitse kuljettaa pois tuotantolaitoksesta.

Mäntyöljyn keskikuljetusmatkana jalostamoihin ja satamiin on käytetty Tilastokeskuksen keskikuljetusmatkaa muovi- ja kumiteollisuuden raaka-aineille. Määrä on laskettu koko tuotannolle, eikä siitä ole vähennetty samalla tehdasalueella tapahtuvan mäntyöljyn määrää. [47; 63 s. 215; 53]

**Taulukko 5.19** *Mäntyöljyn kuljetussuoritemäärät Suomessa vuonna 2008.*

	<b>Määrä</b> 1000 tonnia	<b>Etäisyys</b> kilometriä	<b>Kuljetussuorite</b> 1000 tkm.	<b>Osuus suoritteesta</b> %
Maantiekuljetus	227	112	25 424	100,0 %
Rautatiekuljetus		-	-	0,0 %
Sisävesi		-	-	0,0 %
Merikuljetus		-	-	0,0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>227</b>		<b>25 424</b>	<b>100 %</b>

## 5.4 Tuotekuljetusten yhteenveto

Taulukossa 5.20 on esitetty lähtevien kuljetusten yhteenveto tuoteryhmittäin. Taulukossa on kotimaan sisällä suoritettujen kuljetusten, vientikuljetusten suorite ja niiden summa.

**Taulukko 5.20** *Tuotekuljetusten kuljetussuoritemäärät tuoteryhmittäin vuonna 2008.*

<b>Tuoteryhmä</b>	<b>Määrä</b> <b>(1000 t)</b>	<b>Keskikuljetusmatka</b> <b>(km)</b>	<b>Kuljetussuorite</b> <b>(milj. tkm)</b>
<b>1. Paperi ja kartonki</b>		<b>1 180</b>	<b>29 808</b>
<i>Kotimaan suorite</i>	14 300	183	2 610
<i>Vientisuorite</i>	10 953	2483	27 196
<b>2. Massat</b>		<b>1031</b>	<b>6 219</b>
<i>Kotimaan suorite*</i>	4 004	212	847
<i>* osa raaka-ainekulj.</i>	-1 625	196	-319
<i>Vientisuorite</i>	2 340	2 432	5 691
<b>3. Sahatavara</b>		<b>1512</b>	<b>12 214</b>
<i>Kotimaan suorite</i>	5 056	180	910
<i>Vientisuorite</i>	3 022	3741	11 304
<b>4. Levytuotteet</b>		<b>936</b>	<b>1 438</b>
<i>Kotimaan suorite</i>	882	183	162
<i>Vientisuorite</i>	654	1 952	1 277
<b>5. Liimapuu</b>		<b>7417</b>	<b>1 595</b>
<i>Kotimaan suorite</i>	120	151	18
<i>Vientisuorite</i>	95	16 646	1 577
<b>6. Pelletit</b>		<b>306</b>	<b>183</b>
<i>Kotimaan suorite</i>	373	151	56
<i>Vientisuorite</i>	227	560	127
<b>7. Puuöljyt</b>		<b>112</b>	<b>25</b>
<i>Kotimaan suorite</i>	227	112	25
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>42 253</b>		<b>51 483</b>

Suomen vientikuljetukset suoritetaan pääasiassa meriteitse, minkä voi havaita myös taulukossa 5.21 ja kuvassa 5.14 olevista valmistuotteiden **kuljetusmuotojakaumista**. Aluskuljetusten osuus tuotteiden kaikesta kuljetussuoritteesta on 91 % ja vientisuoritteesta lähes 100 %. Tie- ja rautatiekuljetuksilla suoritetaan pääsääntöisesti vain kotimaan sisällä tapahtuvia metsäteollisuuden tuotteiden kuljetuksia. Massamääräisesti mitattuna tie- ja rautatiekuljetusten osuus on 59 %, mutta lyhyet kuljetusmatkat vesitiekuljetuksiin verrattuna näkyvät vähäisissä suoritemäärissä.

Kuljetusketjujen rajaaminen Suomen talousalueen sisäpuolelle vähentää meritse tapahtuvien vientikuljetusten keskikuljetusmatkaa suhteessa todelliseen kuljetusmatkaan. Tämä vähentää merkittävästi sekä massa- ja paperiteollisuuden että puutuoteteollisuuden kuljetussuoritteita. Taulukossa 5.21 on esitetty kuljetusmuotojakaumat molemmilla tarkastelutavoilla, jotta ympäristökuormituksen määrän hahmottaminen suhteessa kuljetussuoritejakaumaan parantuisi. Kuljetussuoritteen vähentyminen noin 39 miljoonaa tonnikipometriä on aluskuljetuksia. Se vähentää vesitiekuljetusten prosentuaalista osuutta kuljetussuoritteesta 91 prosentista noin 63 prosenttiin. Sisävesikuljetusten osuus on vajaan 2 %.

**Taulukko 5.21** *Tuotekuljetusten kuljetussuoritteet kuljetusmuodoittain sekä kuljetusmuotojakaumat 2008.*

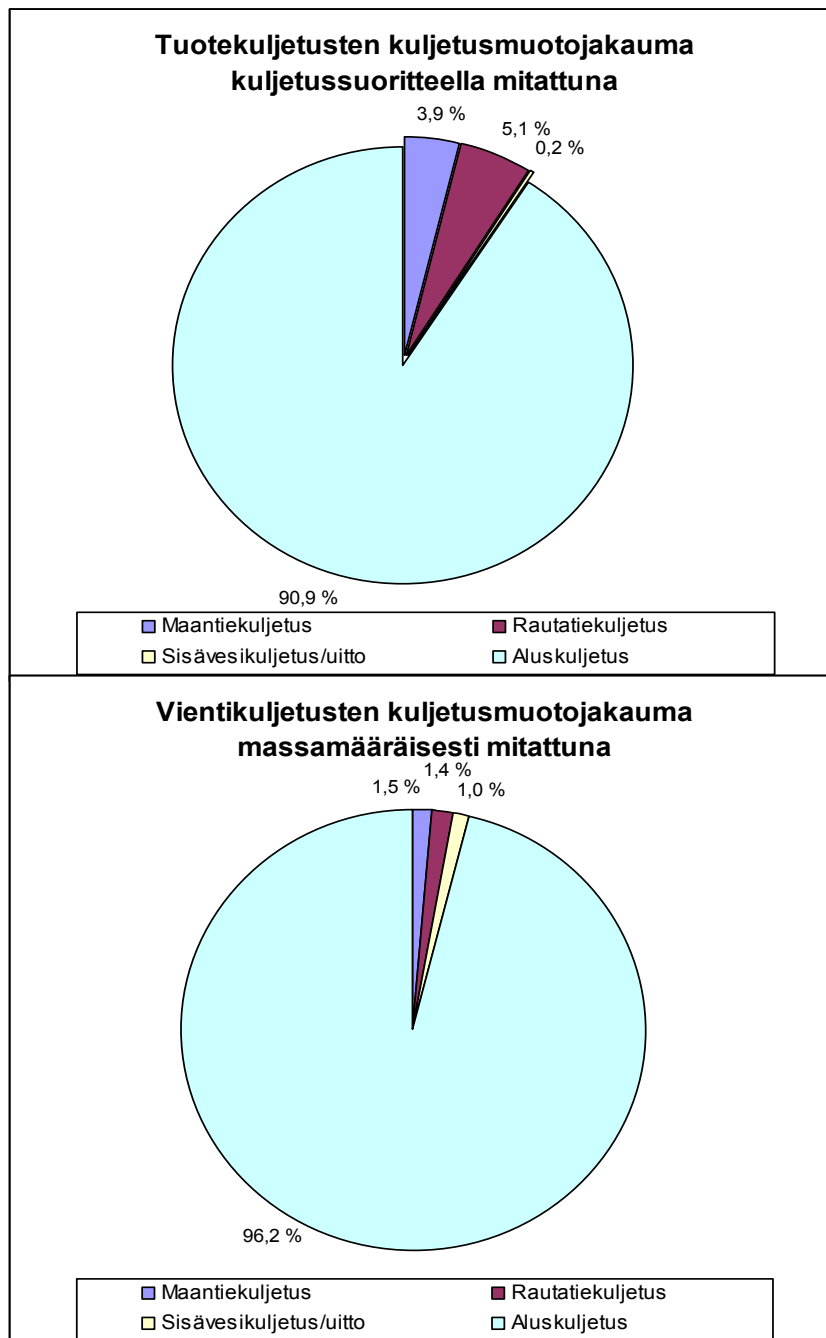
<b>Metsäteollisuuden kaikki tuotekuljetukset</b>				
<b>Kuljetusmuoto</b>	<b>Määrä (1000 t)</b>	<b>Keskikuljetusmatka (km)</b>	<b>Kuljetussuorite (milj. tkm)</b>	<b>Jakauma</b>
Tiekuljetus	15 058	133	2 007	3,9 %
Rautatiekuljetus	9 904	265	2 621	5,1 %
Vesitiekuljetus	17 291	2 710	46 855	91,0 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>42 253</b>	<b>1 218</b>	<b>51 483</b>	<b>100,0 %</b>
<b>Vientikuljetukset</b>				
<b>Kuljetusmuoto</b>	<b>Määrä (1000 t)</b>	<b>Keskikuljetusmatka (km)</b>	<b>Kuljetussuorite (milj. tkm)</b>	<b>Jakauma</b>
Tiekuljetus	626	124	77	0,2 %
Rautatiekuljetus	595	252	150	0,3 %
Vesitiekuljetus	17 291	2 710	46 855	99,5 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>18 512</b>	<b>2 543</b>	<b>47 082</b>	<b>100,0 %</b>
<b>Suomen talousalueen sisäpuolinen liikenne</b>				
<b>Kuljetusmuoto</b>	<b>Määrä (1000 t)</b>	<b>Keskikuljetusmatka (km)</b>	<b>Kuljetussuorite (milj. tkm)</b>	<b>Jakauma</b>
Tiekuljetus	15 058	133	2 007	16,2 %
Rautatiekuljetus	9 904	265	2 621	21,1 %
Vesitiekuljetus	17 291	451	7 790	62,7 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>42 253</b>	<b>294</b>	<b>12 418</b>	<b>100,0 %</b>

Kuvassa 5.14 suoriteperustaiset kuljetusmuotojakaumat on esitetty, kun kuljetusketjut on rajattu feeder-satamiin. Ensimmäinen kuvaajista käsittää kaikki tuotekuljetukset.



Toisessa on esitetty pelkästään vientikuljetukset. Vaikka kuljetusketjuja rajataan kolmikantapisteeseen saakka, meriliikenteen osuus metsäteollisuuden tuotekuljetuksissa pysyy erittäin suurena. Koska lähes kaikki Suomen vienti suoritetaan merikuljetuksin, sen osuus kaikista metsäteollisuuden tuotekuljetuksista pysyy silti lähes 63 % kuljetussuoritteella mitattuna rajauksesta huolimatta.

Tuoteryhmien kuljetusmuotojakaumissa ei ole suuria eroja johtuen kuljetusketjujen samankaltaisuudesta. Sahatavaran, levy- ja liimapuutuotteiden vesitiekuljetusten osuus on muita metsäteollisuuden tuoteryhmiä suurempi pidemmän merimatkan vuoksi.



**Kuva 5.14** Metsäteollisuuden tuotekuljetusten kuljetusmuotojakaumat 2008.

Kun tuotekuljetukset jaetaan massa- ja paperiteollisuuteen sekä mekaaniseen metsäteollisuuteen, voidaan massa- ja paperiteollisuudelle laskea kuuluvaksi paperi-, kartonki- ja massakuljetusten lisäksi puuöljyt. Sahatavara-, levytuote-, liimapuu- ja pellettituotekuljetukset kuuluvat puutuoteteollisuuden kuljetussuoritteeseen. Massa- ja puutuoteteollisuuden tuoteryhmien kuljetussuoritteet on laskettu yhteen taulukossa 5.22.

**Taulukko 5.22** *Tuotekuljetusten kuljetussuoritteiden jaottelu metsäteollisuudenalan perusteella.*

<b>Metsäteollisuudenala</b>	<b>Kuljetussuorite (milj. tkm)</b>	<b>%-osuus</b>
Puutuoteteollisuus yht.	15 430	30,0 %
Massateollisuus yht.	36 052	70,0 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>51 483</b>	<b>100,0 %</b>

## 5.5 Muut kuljetukset

Metsäteollisuuden tuotannon ylläpitämiseen tarvitaan sitä tukevaa toimintaa tehdasalueilla. Myös tuotantoa tukevat toiminnot vaativat kuljettamista, joiden osuus on otettava huomioon kun metsäteollisuustuotteiden elinkaarianalyysiä tutkitaan. Metsäteollisuuden palvelussa toimivan työvoiman, noin 83 400 henkilöä vuonna 2008, työmatkaliikenne aiheuttaa ympäristölle kuormitusta. Lisäksi esimerkiksi investoinnit tuotantolaitoksissa aiheuttavat hetkellisesti merkittävää liikenne- ja kuljetusvirtaa rakentamiseen ja laitetoimituksiin liittyen. Tutkimuksen tavoite ei kuitenkaan ole tutkia henkilöliikennettä metsäteollisuuden osalta sen enempää kuin projekteihin liittyviä logistisia virtoja. Tässä luvussa on arvioitu metsäteollisuuden toiminnan ylläpitämiseksi välttämättömän huolto- ja korjaustoiminnan sekä tuotantolaitosten jätekuljetusten volyymejä. [18 s. 219]

Jäte- sekä huoltokuljetusten ympäristökuormituksen tuloksia ei ole liitetty metsäteollisuuden kuljetusten kokonaiskuormituksia käsitteleviin laskentoihin. Syynä tähän on, ettei ryhmään kuuluvasta kuljettamisesta aiheutuvaa ympäristökuormitusta ole saatujen tietojen epävarmuustekijöistä johtuen voitu kohdistaa tarkoin eri tuoteryhmille.

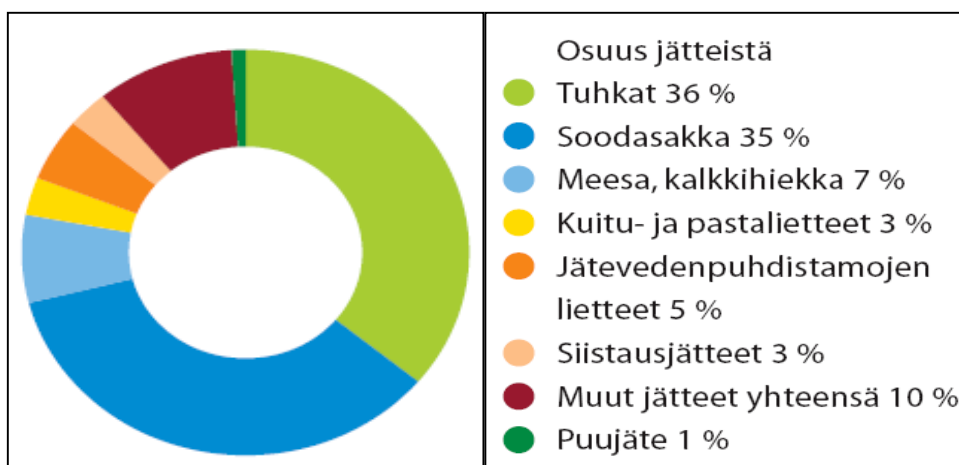
### 5.5.1 Jätekuljetukset

Metsäteollisuudessa syntyvät jätteet ovat pääasiassa tyypillistä teollisuusjätettä. Osalle kiinteästä jätteestä on kehitetty hyötykäyttöön soveltuvia käyttötarkoituksia, kuten maanrakentamisessa. Jätettä, jota ei voida hyötykäyttää, toimitetaan yleisen jätehuollon kautta kaatopaikoille. Suuri osa metsäteollisuudessa syntyvistä jätevirroista on sellaisia, jotka toimitetaan tuotantolaitoksen alueella sijaitsevalle kaatopaikalle. Kaatopaikkajätteen määrä on pienentynyt 15 vuodessa kolmannekseen. [28 s. 4]

Metsäteollisuudessa syntyi 234 000 tonnia kaatopaikkajätettä vuonna 2008. Myös hyötykäyttöön menevä jäte tarvitsee kuljettamista. Sen määrää ei ole tässä tarkasteltu. Suurin osa on prosesseissa syntyvää jätettä, jota ei voida tehtaalla käyttää hyödyksi.

Kaksi kolmasosaa kaatopaikkajätteestä oli energian tuottamisessa syntynyttä tuhkaa sekä sellutehtaan kemikaalikierrossa syntyvää soodasakkaa (kuva 5.15).

Jätekuljetukset suoritetaan kuorma-autoilla. Kuljetusetäisyytenä on käytetty Tilastokeskuksen jätteiden kuljettamisen keskilähetysmatkaa 45 kilometriä (Liite 14). Leskinen on käyttänyt jätteiden kuljettamiselle keskilähetysmatkana 26 kilometriä [14 s. 53], joten yleisten kaatopaikkojen harventumisen johdosta Tilastokeskuksen keskilähetysmatka on tarkasteluun soveltuva. Jätekuljetusten aiheuttama kuljetussuorite ja ympäristökuormitus on esitetty taulukossa 5.23. Laskennoissa on otettu huomioon tyhjänä takaisin ajaminen kaatopaikoilta. Täydellinen laskentataulukko jätekuljetusten ympäristökuormituksesta on liitteessä 19.



**Kuva 5.15** Massa- ja paperiteollisuuden kaatopaikkajätteiden jakauma 2008. [28]

**Taulukko 5.23** Jätekuljetusten kuljetussuorite ja päästökuormitus 2008.

Määrä:	245 000 tonnia						
Keskimääräinen kuljetusetäisyys:	45 kilometriä						
Kuljetussuorite:	11,025 miljoonaa tonnikilometriä						
Tyhjänä ajo:	1 225 000 kilometriä						
Jätteenkuljetuksen yhteenlasku päästökomponeenteittain							
	kiloa	kiloa	kiloa	kiloa	tonnia	1000 l	GJ
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Poltto.	Energia
Kuorma-auto 16t	258	146	3 791	5	726	275	9 907
Tyhjänä ajo	226	223	2 935	4	586	221	8 016
YHTEENSÄ	484	369	6 727	8	1 312	496	17 923

### 5.5.2 Tuotantolaitosten varaosa ja huoltotoimintaan liittyvät kuljetukset

Toiminnan ylläpitäminen vaatii koneiden ja laitteiden jatkuvaa huoltoa. Metsäteollisuuden tuotantolaitokset generoivat ympärilleen liikennettä, joka on toiminnan kannalta välttämätöntä mutta ei suoranaisesti liity tuotantoon. Tähän kuljetuskategoriaan alle liittyy kuljetuksia hyvin laajalla skaalalla.

Käytännössä kaikki liikenne, joka ei liity raaka-aineiden tai valmiiden tuotteiden kuljettamiseen tai henkilöliikenteeseen tuotantolaitokselle ja sieltä pois, voidaan laskea varaosa- tai huoltokuljetuksiksi

Näiden kuljetuksien selvittäminen vaati kysymyksen varaosa- ja huoltotoimintaan kuljetuksiin liittyen. Kysymys lisättiin raaka-ainekuljetuksia selvittävään kyselyyn ja kysely annettiin tutkimuksen ohjausryhmän jäsenten edustamille yrityksille yhteyshenkilöiden välityksellä. Kyselyssä mukana oli yhtiöitä sekä massa- ja paperiteollisuuden että puutuoteteollisuuden piiristä. Kysymykseen vastanneiden mielestä juuri varaosa- ja huoltotoimintaan liittyviä kuljetuksia on vaikea arvioida. Näiden kuljetusten määrien arviointia hankaloittaa niiden epätasainen määrä eri vuorokauden ja vuoden aikoina. Huoltoseisokkien aikana liikennemäärät ovat moninkertaiset normaaliin verrattuna. Yleisesti vastaajat näkivät varaosa- ja huoltokuljetuksiin liittyvän liikenteen olevan yhdestä kahteen kuorma-autoa vuorokaudessa tuotantolaitosta kohti. Suomessa sijaitsevan 110 metsäteollisuuden tuotantolaitoksen (vain Metsäteollisuus ry:n jäsensahat, ei sisällä metsäteollisuuden jalostuslaitoksia) aiheuttama varaosa- ja huoltokuljetusmäärä vuorokaudessa olisi 110 – 220 kuorma-autoa. Liikennesuorite käytettäessä Tilastokeskuksen kunnossapito- ja huoltoajojen keskimatkaa (Liite 14) meno-paluu-liikenne huomioon ottaen oli vuonna 2,2 – 4,5 miljoonaa kilometriä vuonna 2008. Taulukossa 5.24 on esitetty miten tämä liikennesuorite muodostuu. [45]

**Taulukko 5.24** *Metsäteollisuusyritysten varaosien kuljettamiseen sekä huoltoon liittyvät kuljetukset 2008.*

Arvioitu liikenne:	1-2	autoa/vrk/tehdas
Tuotantolaitosten lukumäärä:	110	kappaletta
Keskimääräinen kuljetusetäisyys:	29	kilometriä/suunta
Syntävä liikennesuorite:	6 380–12 760	kilometriä/vrk
	2 239-4 478	1000 km/vuosi

Laskettaessa päästömääriä liittyen varaosa- ja huoltokuljetuksiin, laskentamallissa on arvioitu päivittäiseksi liikennemääräksi tuotantolaitosta kohden yksi täysperävaunuyhdistelmä sekä yksi pieni kuuden tonnin kuorma-auto. Tällöin liikennesuoritemääräksi muodostuu taulukossa 5.24 esitetty lähes 4,5 miljoonaa kilometriä. Koska tämän ryhmän suoritteiden selvittäminen on toteutettu usean henkilön arviointeihin pohjautuen, eikä tarpeeksi luotettavaa dataa varaosa- ja huoltokuljetusten määrästä ole, tutkimuksessa on päädytty seuraavaan: varaosa- ja huoltokuljetusten ympäristökuormitus on esitetty vain tässä luvussa, eikä saatuja tuloksia ole lisätty muiden ryhmien summaan. Taulukossa 5.25 on esitetty edellä mainituin perustein saatu kuljetusten ympäristökuormitus merkittävimpien päästökomponenttien osalta. Täydelliset laskutoimitukset ovat esitetty liitteessä 19.

**Taulukko 5.25** *Varaosa- ja huoltokuljetusten aiheuttama ympäristökuormitus 2008.*

	kiloa CO	kiloa HC	kiloa NO <sub>x</sub>	kiloa SO <sub>2</sub>	tonnia CO <sub>2</sub>	1000 l Polttoa.	GJ Energia
<b>Täysperävaunu-yhdistelmä</b>	337	54	8 428	12	1 948	737	26 868
<b>Kuorma-auto 6t</b>	130	47	1 890	0,47	74	27	1 009
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>467</b>	<b>101</b>	<b>10 317</b>	<b>13</b>	<b>2 022</b>	<b>763</b>	<b>27 877</b>

### 5.5.3 Muiden kuljetusten aiheuttama ympäristökuormitus

Taulukossa 5.26 on esitetty huolto- ja varaosakuljetuksista sekä tuotantolaitosten jätekuljetuksista aiheutuvien kuljetusten summa. Kuten taulukon viimeiseltä riviltä ilmenee, muiden kuin metsäteollisuuden raaka-aine- ja tuotekuljetusten osuus ympäristökuormituksesta on suurimmillaankin vain prosentin kymmenesosan suuruusluokkaa. Huolimatta edellä mainituista epävarmuustekijöistä, taulukossa esitetyt tulokset antavat hyvän estimaatin muiden kuin raaka-aine ja tuotekuljetusten ympäristökuormituksen suuruusluokaksi. Huolto-, varaosa- ja jätekuljetusten päästölaskentoihin liittyvä täydellinen laskentataulukko esitetään liitteessä 19.

**Taulukko 5.26** *Ryhmän ”muut kuljetukset” aiheuttama ympäristökuormitus 2008.*

	kiloa CO	kiloa HC	kiloa NO <sub>x</sub>	kiloa SO <sub>2</sub>	tonnia CO <sub>2</sub>	1000 l Polttoa.	GJ Energia
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>951</b>	<b>470</b>	<b>17 044</b>	<b>21</b>	<b>3 334</b>	<b>1 260</b>	<b>45 800</b>
Osuus kaikista kuljetuspäästöistä	0,04 %	0,09 %	0,03 %	0,00 %	0,12 %	0,14 %	0,13 %

## 5.6 Metsäteollisuuden kokonaiskuljetussuorite 2008

Kun raaka-aine-, tuotekuljetukset ja ryhmään muut kuljetukset summataan, saadaan metsäteollisuuden aiheuttama kuljetussuorite. Taulukossa 5.27 on esitetty kuljetussuoritteiden määrä ja kuljetusmuotojakauma tarkasteluvuodelta.

**Taulukko 5.27** *Metsäteollisuuden kuljetussuorite ja kuljetusmuotojakauma 2008.*

Kuljetus	Kuljetussuorite (milj. tkm)	%-osuus
Raaka-ainekuljetukset	25 965	33,5 %
Tuotekuljetukset	51 483	66,5 %
Muut kuljetukset	11	0,01 %
Muut kuljetukset	6 *	0 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>77 458</b>	<b>100,0 %</b>
	* 6 milj. ajoneuvokilometriä	
Kuljetusmuoto	Kuljetussuorite (milj. tkm)	%-osuus
Tiekuljetuksia	7 757	10,0 %
Rautatiekuljetuksia	5 931	7,7 %
Vesikuljetuksia	63 770	82,3 %

Kokonaissuoritteesta lähes 76 % on massa- ja paperiteollisuuden ja loput puutuoteteollisuuden kuljetuksia. Noin prosentin sadasosan suuruinen suorite kuuluu muiden kuljetusten ryhmään, eikä sitä ole kohdistettu kummallekaan metsäteollisuuden alalle. Ryhmän ”muut kuljetukset” aiheuttama ympäristökuormitus on pieni suhteessa koko metsäteollisuuden kuljetuksiin ja osuus on esitetty taulukossa 5.26.

## 5.7 Metsäteollisuuden kuljetussuoritteen laskenta Suomen talousalueen sisäpuolella

Yhtenä kuljetusketjujen rajauksena tutkimuksessa on meriliikenteen rajausta Suomen talousalueen sisäpuolelle. Aikaisemmin tutkimuksessa on käsitelty jo talousalueen sisäpuolisten kuljetusten osuutta esimerkiksi kuljetusmuotojakaumien kohdalla. Tämä tarkastelutapa vaikuttaa vain meriliikenteen osuuteen, sillä muut kuljetusmuodot on rajattu kotimaan rajojen sisäpuolelle. Tarkastelu kohdistuu meriliikenteen kuljetuksiin Suomen talousalueen ulkorajalla olevasta kolmikantapistestä satamiin johtavilla reiteillä. Liitteessä 4 on esitetty liikenneviraston ilmoittamat etäisyydet Suomen rannikon satamien ja kolmikantapisteen välillä. Taulukossa 5.28 on edellä mainituista etäisyyksistä laskettu painotettu keskiarvo tuoteryhmittäin, jota on käytetty meriliikenteen kuljetussuoritteiden laskentaan. Suuri osa raakapuusta ja hakkeesta tulee naapurivaltioista Venäjältä, Ruotsista ja Virosta. Tällöin kuljetusetäisyys on pienempi kuin muissa tavararyhmissä, koska tuotteet kuljetetaan suoraan lyhintä reittiä, eikä kolmikantapisteen kautta.

**Taulukko 5.28** *Kuljetusetäisyys kolmikantapisteeseen satamien kuljetusvolyymilla painotetulla keskiarvolla tuoteryhmittäin 2008.*

Paperi	452 kilometriä
Sellu	562 kilometriä
Sahatavara	431 kilometriä
Levytuotteet	377 kilometriä
Kaoliini	479 kilometriä
Raakapuu	334 kilometriä
Hake	255 kilometriä

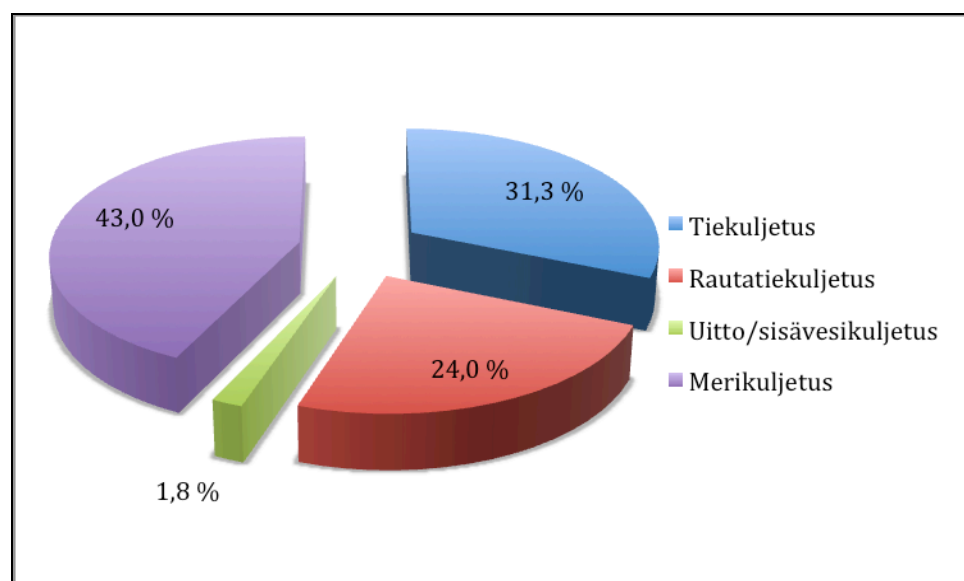
Kun kuljetusketjut rajataan matkan osalta kotimaan alueen sisäpuolelle, voidaan verrata metsäteollisuuden osuutta kotimaan liikenteen päästöistä. VTT:n Lipastopäästölaskentajärjestelmä käyttää kolmikantapistettä kotimaisen liikenteen päästömäärien laskentaan meriliikenteessä, joten on perusteltua käyttää samaa pistettä myös metsäteollisuuden kuljetusten päästöjen määrittämisessä.

Kuten taulukon 5.28 etäisyyksiä verrattaessa metsäteollisuuden tuonti- ja vientikuljetuksiin voidaan havaita, välimatkat ja samalla kuljetussuoritteet ovat merkittävästi lyhemmät. Samalla merikuljetusten osuus kuljetussuoritteesta putoaa raaka-ainekuljetusten 63,7 prosentista (taulukko 5.10) 23,7 prosenttiin ja tuotekuljetusten 91 prosentista (taulukko 5.21) 62,1 prosenttiin.

Rajaamalla kuljetusketju kolmikantapisteeseen, saadaan taulukon 5.29 mukaiset tuonti- ja vientikuljetusten suoritteet. Kuvassa 5.16 on esitetty kuljetusmuotojakauma metsäteollisuuden Suomen talousalueen sisäpuolisista kuljetuksista vuonna 2008. Kuljetussuorite on jakautunut tasaisemmin jokaiselle kuljetusmuodolle eikä meriliikenteen osuus ole niin dominoiva kuin kuvan 5.14 kuljetusmuotojakaumissa.

**Taulukko 5.29** *Metsäteollisuuden raaka-aine- ja vientikuljetussuoritteet kolmikantapisteesä/-pisteeseen ja kuljetusten osuudet 2008.*

	Kuljetussuorite milj. tkm	%-osuus
<b>Raaka-ainekuljetukset,</b>	<b>12 345</b>	<b>49,9 %</b>
josta tiekuljetuksia,	5 739	46,5 %
rautatiekuljetuksia,	3 310	26,8 %
uitto/sisävesikuljetuksia,	366	3,0 %
merikuljetuksia.	2 930	23,7 %
<b>Tuotekuljetukset,</b>	<b>12 418</b>	<b>50,1 %</b>
josta tiekuljetuksia,	2 007	16,2 %
rautatiekuljetuksia,	2 621	21,1 %
sisävesikuljetuksia,	79	0,6 %
merikuljetuksia.	7 710	62,1 %
<b>Kuljetukset yhteensä,</b>	<b>24 763</b>	<b>100,0 %</b>
josta tiekuljetuksia,	7 746	31,3 %
rautatiekuljetuksia,	5 931	24,0 %
uitto/sisävesikuljetuksia,	446	1,8 %
merikuljetuksia.	10 640	43,0 %



**Kuva 5.16** *Suomen talousalueen sisäpuolisten kuljetusten kuljetusmuotojakauma 2008.*

## 6 METSÄTEOLLISUUDEN KULJETUSTEN YMPÄRISTÖKUORMITUS 2008

Tässä luvussa esitetään yhteenlaskettuja päästömääriä komponentteittain sekä eri kuljetusmuotojen osuuksia päästöjen määrissä. Tulokset on mahdollista jyvittää koskemaan massa- ja paperiteollisuutta sekä puutuoteteollisuutta. Tekstissä ne esitetään vain merkittävimpien päästökomponenttien osalta. Täydelliset laskentataulukot löytyvät liitteistä 11 - 13.

Alaluvuissa käsitellään tutkimuksen tavoitteeksi asetettuja yksittäisten kuljetusketjujen ympäristökuormitusta. Case-tapauksina ovat kaoliinin tuontikuljetusten, Välimerelle suuntautuvan sahatavaran viennin ja kierrätyskuitujen kuljettamisen aiheuttamia ympäristökuormituksia.

### 6.1 Metsäteollisuuskuljetusten päästömäärät

Metsäteollisuuden tuotanto aiheutti noin 77 500 miljoonan tonnikilometrin kokonaiskuljetussuorituksen vuonna 2008. Nämä kuljetukset tuottivat noin 2,8 miljoonan tonnin ilmanpäästön, josta valtaosa on hiilidioksidia. Koska alusliikenteen merkitys on tuonti- ja vientikuljetuksissa suuri, aluksille tyypillisten päästökomponenttien kuten rikkidioksidin, typen oksidien ja pienhiukkasten määrät erottuvat tuloksissa suuren määränsä vuoksi.

Kun kuljetusketju rajataan lähtö- tai feeder-satamiin saakka, joidenkin päästökomponenttien kohdalla pelkästään metsäteollisuuden generoimat kuljetukset aiheuttavat merkittävän osan Suomen liikenteen kokonaispäästöistä. Tämä johtuu pelkästään tarkastelumallien eroavaisuuksista. VTT:n esittämä liikenteen ympäristökuormitusmalli katkaisee ulkomailta ja ulkomaille suuntautuvan liikenteen kolmikantapisteeseen. Luvussa 6.2 on esitetty VTT:n mallin mukaisesti metsäteollisuuden osuus kuljetusten ympäristökuormituksesta. Taulukossa 6.1 löytyvät metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus ilmanpäästöjen osalta, polttoaineen kulutus sekä käytetty primäärienergia. Liitteessä 13 löytyvissä laskentataulukoissa on esitetty kaikkien päästökomponenttien arvot.

**Taulukko 6.1** *Metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus 2008.*

	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	1000 l	PJ
	CO	HC	NOx	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoa.	Energia
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2 295</b>	<b>552</b>	<b>54 014</b>	<b>19 272</b>	<b>2 713 040</b>	<b>896 336</b>	<b>34,79</b>



Kokonaiskuljetusmäärästä **tulevien kuljetusten** oli kolmannes metsäteollisuudessa vuonna 2008. Tästä suoritteesta massa- ja paperiteollisuuden osuus oli lähes 87 prosenttia. Metsäteollisuuden raaka-ainekuljetukset aiheuttivat tarkasteluvuotena yhteensä lähes 0,7 miljoonaa tonnia päästöjä ilmaan (taulukko 6.2). Määrästä suurin pakokaasukomponentti on hiilidioksidi: 675 730 tonnia eli yli 98 %. Polttoainetta, eli laivaliikenteen bunkkeriöljyä sekä junien ja kuorma-autojen käyttämää kaasuöljyä, kulutettiin raaka-aineiden kuljettamiseen yli 240 miljoonaa litraa vuonna 2008. Primaarienergian kulutus tarkasteluvuonna oli 9,25 petajoulea, mikä vastaa noin 4 % liikenteen vuoden 2008 energiankulutuksesta. Verrattaessa saatuja arvoja Suomen liikenteen aiheuttamiin päästöihin ilmaan tulee muistaa, että osa tarkastelussa olleista kuljetuksista on tapahtunut Suomen rajojen ulkopuolella. Kyseessä on enimmäkseen aluskuljetukset aluevesirajojen ulkopuolella, mikä näkyy etenkin typen oksidien ja rikkidioksidin suurena osuutena. Liitteessä 11 on raaka-ainekuljetusten päästöjen laskentataulukko, jossa on esitetty kaikkien tutkimuksessa tarkasteltavien päästökomponenttien määrät.

**Taulukko 6.2** Raaka-ainekuljetusten ympäristökuormitus 2008.

	tonnia CO	tonnia HC	tonnia NOx	tonnia SO <sub>2</sub>	tonnia CO <sub>2</sub>	1000 l Polttoa.	PJ Energia
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>618</b>	<b>188</b>	<b>10 374</b>	<b>2 125</b>	<b>675 730</b>	<b>243 165</b>	<b>9,25</b>
Osuus metsäteollisuuden kuljetuspäästöistä	26,9 %	34,0 %	19,2 %	11,0 %	24,9 %	27,1 %	26,6 %

Metsäteollisuuden **lähtevien kuljetusten** eli tuotekuljetusten suoritemäärä oli pidempien keskilähtömatkojen takia kaksi kertaa suurempi raaka-ainekuljetuksiin verrattuna. Massa- ja paperiteollisuuden tuotteiden osuus kuljetussuoritteesta on 70 %. Tuotekuljetuksissa meriliikenteen määrä kasvaa, mikä päästökomponenteissa näkyy erityisesti rikkidioksidin määrän kasvamisena. Tuotekuljetuksien ilmanpäästöt olivat yhteensä yli 2,1 miljoonaa tonnia vuonna 2008. Hiilidioksidin osuus ilmanpäästöistä tuotekuljetuksissa oli lähes 97 %. Polttoainetta tuotekuljetuksiin käytettiin yhteensä noin 650 miljoonaa litraa. Primäärienergiana tuotekuljetukset kuluttivat yhteensä 25,5 petajoulea. Taulukossa 6.3 on esitetty metsäteollisuuden tuotekuljetusten määrä Suomen metsäteollisuuden aiheuttaman liikenteen kokonaispäästöjen suhteen. Liitteessä 12 on tuotekuljetuksissa syntyneiden kaikkien tarkasteltavien päästökomponenttien arvot.

**Taulukko 6.3** Tuotekuljetusten ympäristökuormitus 2008

	tonnia CO	tonnia HC	tonnia NOx	tonnia SO <sub>2</sub>	tonnia CO <sub>2</sub>	1000 l Polttoa.	PJ Energia
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1 677</b>	<b>364</b>	<b>43 640</b>	<b>17 147</b>	<b>2 037 309</b>	<b>653 171</b>	<b>25,54</b>
Osuus metsäteollisuuden kuljetuspäästöistä	73,1 %	66,0 %	80,8 %	89,0 %	75,1 %	72,9 %	73,4 %

### **6.1.1 Massa- ja paperiteollisuuden tuotteiden kuljetusten ympäristökuormitus**

Massa- ja paperiteollisuuden toiminta aiheutti noin 58 500 miljoonan tonnikipometrin kuljetussuoritteon vuonna 2008. Raaka-ainekuljetukset on tutkimuksessa allokoitu valmiille tuotteille aiheuttamisperiaatteen mukaisesti. Raaka-ainekuljetusten todenmukaisella jakamisella voidaan tuotteen aiheuttama ympäristökuormitus määrittää. Näissä kahdessa kuljetusten tuotekohtaisia ympäristökuormitusta käsittelevässä luvussa on esitetty allokointiperusteet kuljetussuoritteon jakamiselle sekä saadut tuotekohtaiset kuljetusten päästömäärät ja energiankulutus.

Massa- ja paperiteollisuus on jaettu tuotekohtaisessa kuormitustarkastelussa kolmeen osaan: paperin ja kartongin, sellun ja mäntyöljyn tuotanto. Koska mäntyöljyä syntyy selluteollisuudessa sivutuotteena, sille on vaikea määritellä osuutta raaka-ainekuljetuksista. Tässä tarkastelussa raaka-ainepuun osalta mäntyöljylle kohdistetaan kuljetuksia valmiin tuotteen painon verran eli 227 000 tonnia.

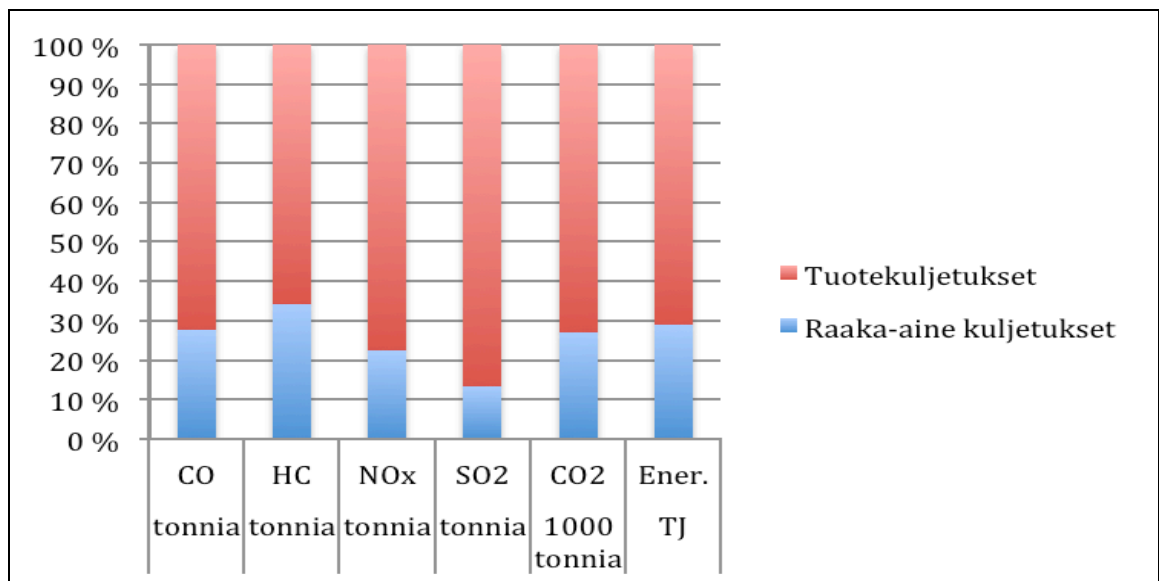
Raakapuun kuljetussuoritteesta massa- ja paperiteollisuuden käyttöön menevän puun osuus vuonna 2008 oli yli 60 % ja hakkeen kulutuksesta käytännössä koko vuotuisen tuotannon sekä tuonnin määrä. Vuonna 2008 puumassoista vietiin noin 18 % tuotannosta. Allokoidessa massa- ja paperiteollisuuden raakapuun käyttöä on käytetty tätä osuutta sellukuljetuksille. Kemikaalikuljetusten osuutta arvioidessa on otettu huomioon, että tuotettua sellutonnin kohti tarvitaan 103 kiloa kemikaaleja [63; 76]. Tarvittava kemikaalimäärä viedyn sellun osalta on lähes 170 000 tonnia, mikä vastaa kymmenesosaa kemikaalikuljetuksista. Energiaraaka-ainekuljetuksille allokoidavaa osuutta viedystä sellumäärästä on hyvin vaikea arvioida. Tässä viedyn sellumäärän osalta on energiaraaka-aineen osuudeksi määritelty 5 %. Suomessa tapahtuva sellun kuljettaminen tuotantolaitokselta toiselle on allokoitu paperin ja kartongin kuljetusten ympäristökuormitukseen.

Raakapuun käyttö paperi- ja kartonkiteollisuudessa on ollut 49 % osuus kuljetussuoritteesta mitaten metsäteollisuuden raakapuukuljetuksista vuonna 2008. Hakkeen, pigmenttien ja kierrätyspaperin kuljetussuoritteet katsotaan kuuluvan kokonaisuudessaan paperi- ja kartonkiteollisuudelle. Kemikaalien kuljetussuoritteesta yli 90 % ja energiaraaka-aineiden suoritteesta 75 % on kohdistettu paperin ja kartongin valmistamiseen. Taulukossa 6.4 on edellä esitetyin ehdoin laskettu massa- ja paperiteollisuuden ympäristökuormitus kuljetettua yksikköä (tonnia) kohti.

Kuvassa 6.1 on esitetty paperi- ja kartonkituotteiden kuljetusten ympäristökuormituksen osuudet raaka-aine- ja tuotekuljetuksissa komponentteittain. Paperi- ja kartonkituotteiden kuljettamisesta syntyvä rikkidioksidi on painottunut tuotekuljetusten osalle. Kuljetusten energiankulutuksesta noin 30 % on raaka-ainekuljetusten aiheuttamaa ja luku vastaa kuljetussuoritteon jakaumaa raaka-aine- ja tuotekuljetuksien välillä.

**Taulukko 6.4** *Massa- ja paperiteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus kuljetettua yksikköä kohti tuoteryhmittäin 2008.*

<b>Paperi- ja kartonkiteollisuuden kuljetusten päästölaskenta</b>							
	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Poltto.	Energia
Raaka-aine kuljetukset	375	111	6 875	1 573	429 870	153 555	5 908
Tuotekuljetukset	983	212	23 679	10 068	1 167 803	377 158	14 464
<b>Yhteensä</b>	<b>1 358</b>	<b>323</b>	<b>30 554</b>	<b>11 641</b>	<b>1 597 672</b>	<b>530 713</b>	<b>20 372</b>
<b>Päästö, kulutus /kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>103</b>	<b>25</b>	<b>2 328</b>	<b>887</b>	<b>121 718</b>	<b>40 432</b>	<b>1 552 (MJ/t)</b>
<b>Selluteollisuuden kuljetusten päästölaskenta</b>							
	kiloa	kiloa	kiloa	kiloa	tonnia	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Poltto.	Energia
Raaka-aine kuljetukset	53	17	763	121	53 883	19 690	730
Tuotekuljetukset	209	46	5 793	2 046	249 431	78 755	3 188
<b>Yhteensä</b>	<b>262</b>	<b>62</b>	<b>6 556</b>	<b>2 167</b>	<b>303 315</b>	<b>98 444</b>	<b>3 918</b>
<b>Päästö, kulutus /kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>110</b>	<b>26</b>	<b>2 756</b>	<b>911</b>	<b>127 497</b>	<b>41 381</b>	<b>1 647 (MJ/t)</b>
<b>Mäntyöljykuljetusten päästölaskenta</b>							
	kiloa	kiloa	kiloa	kiloa	tonnia	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Poltto.	Energia
Raaka-aine kuljetukset	2 547	801	36 613	5 883	2 540	927	34
Tuotekuljetukset	123	41	5 298	5	850	316	12
<b>Yhteensä</b>	<b>2 670</b>	<b>842</b>	<b>41 912</b>	<b>5 888</b>	<b>3 390</b>	<b>1 244</b>	<b>46</b>
<b>Päästö, kulutus /kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>185</b>	<b>26</b>	<b>14 932</b>	<b>5 479</b>	<b>202 (MJ/t)</b>



**Kuva 6.1** *Paperi- ja kartonkituotteiden kuljetuspäästöjen muodostuminen.*

### 6.1.2 Puutuoteteollisuuden tuotteiden kuljetusten ympäristökuormitus

Puutuoteteollisuuden yhteenlaskettu kuljetussuorite oli lähes 19 000 miljoonaa tonnikipometriä, mikä vastaa hieman alle neljäsosaa metsäteollisuuden kaikista kuljetuksista. Puutuoteteollisuuden raaka-ainekuljetukset käsittävät noin 21 %:n osuuden puuraaka-aineen kuljettamisesta. Tuotteille on myös kohdistettu 20 %:n osuus energiaraaka-aineiden kuljettamisesta. Tämä osuus on jaettu vielä siten, että sahateollisuus kattaa 15 prosenttiyksikköä ja levyteollisuus viisi prosenttiyksikköä.

Sahateollisuus käyttää puutuoteteollisuuden vuotuisesta raakapuun kulutuksesta valtaosan. Sahateollisuuden raakapuun käyttö oli lähes 32 % kuljetussuoritteesta mitattuna vuonna 2008. Sahateollisuuden tuotannon osalta on huomattava, että osa tuotannosta menee esimerkiksi liimapalkkien valmistamiseen ja on siten käsiteltävä sen ympäristökuormituksena. Levyteollisuudessa käytettävän raakapuun kuljetussuorite vastaa raakapuun kuljetusten suoritteesta vajaata viittä prosenttia. Taulukossa 6.5 on esitetty tuoteryhmittäin puutuoteteollisuuden kuljetusten kuormittavuus ympäristölle. Vertailtaessa sahatavaran kuljetusten päästöjä paperi- ja kartonkituotteiden päästöihin, huomataan että sahatavaran kuljettaminen yksikköä kohti on aiheuttanut vähemmän päästöjä. Tämä johtuu siitä, että sahatavaran valmistaminen aiheuttaa tuotettua tonnia kohti vähemmän raaka-ainekuljetuksia paperin ja kartongin tuottamiseen verrattuna.

**Taulukko 6.5** *Puutuoteteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus kuljetettua yksikköä kohti tuoteryhmittäin 2008.*

<b>Sahatavaran kuljetusten päästölaskenta</b>							
	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoa.	Energia
<b>Raaka-aine kuljetukset</b>	150	47	2 202	343	158 591	57 989	2 149
<b>Tuotekuljetukset</b>	395	86	11 495	4 070	500 250	158 971	6 358
<b>Yhteensä</b>	545	133	13 697	4 414	658 841	216 960	8 508
<b>Päästö, kulutus</b>							<b>1 053</b>
<b>/kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>68</b>	<b>16</b>	<b>1 696</b>	<b>546</b>	<b>81 560</b>	<b>26 858</b>	<b>(MJ/t)</b>
<b>Levytuotekuljetusten päästölaskenta</b>							
	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoa.	Energia
<b>Raaka-aine kuljetukset</b>	24	7	381	51	32 313	8 215	438
<b>Tuotekuljetukset</b>	46	10	1 311	460	57 866	18 405	739
<b>Yhteensä</b>	69	18	1 692	511	90 179	26 619	1 178
<b>Päästö, kulutus</b>							<b>1 335</b>
<b>/kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>79</b>	<b>20</b>	<b>1 919</b>	<b>579</b>	<b>102 244</b>	<b>30 180</b>	<b>(MJ/t)</b>
<b>Pellettikuljetusten päästölaskenta</b>							
	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoa.	Energia
<b>Raaka-aine kuljetukset</b>	5	2	79	13	5 462	1 995	74
<b>Tuotekuljetukset</b>	3	1	91	29	5 317	1 804	70
<b>Yhteensä</b>	9	2	169	42	10 779	3 798	144
<b>Päästö, kulutus</b>							<b>386</b>
<b>/kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>454</b>	<b>112</b>	<b>28 897</b>	<b>10 183</b>	<b>(MJ/t)</b>

## 6.2 Metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus Suomen talousalueen sisäpuolella

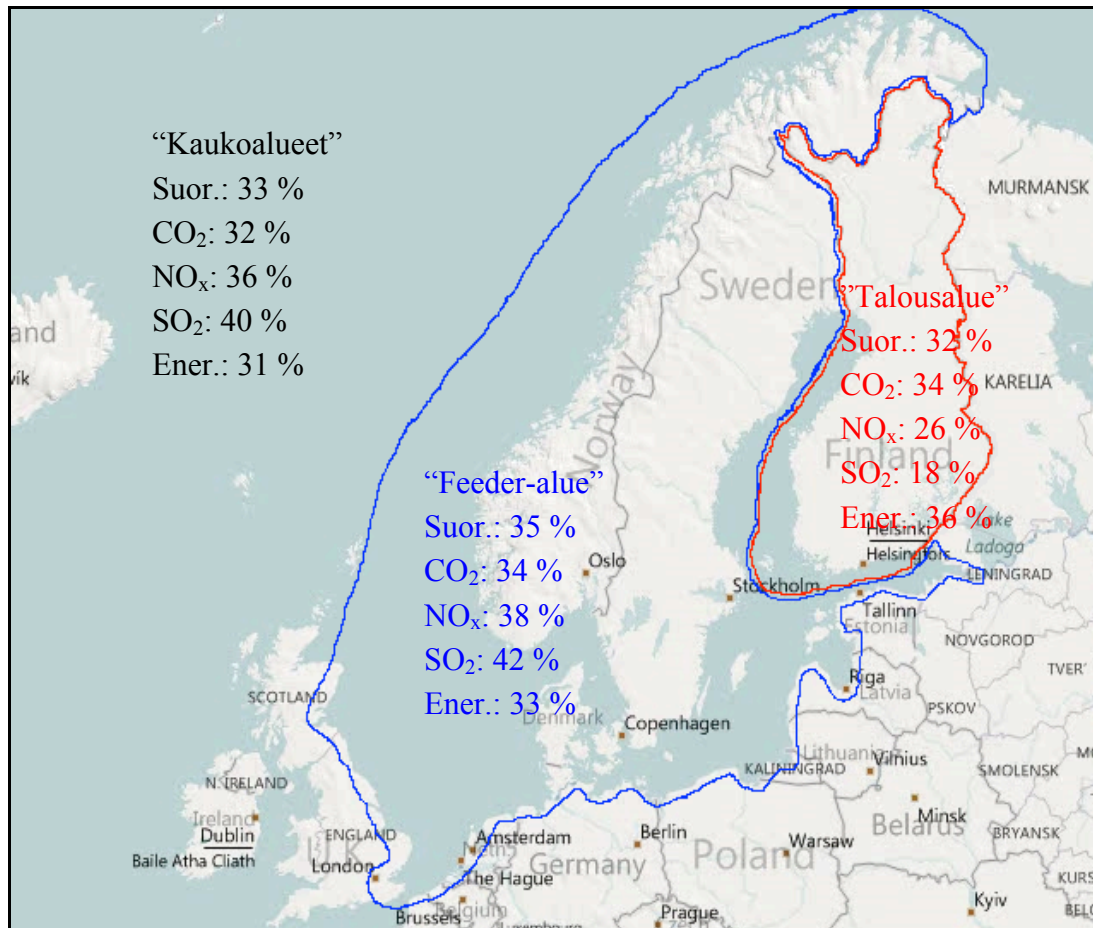
Kun kuljetusketjuja rajataan siten, että tarkastelu sisältää pelkästään kotimaassa tapahtuvat kuljetukset, vähenee meriliikenteen osuus kuljetussuoritteesta feeder-satamiin asti tehtyyn tarkasteluun verrattuna. Tarkastelumallin muutos vähentää erityisesti meriliikenteelle tyypillisiä päästöjä, kuten rikkidioksidin ja typen oksidien määrää. Taulukossa 6.6 on esitetty tämän tarkastelutavan mukainen ympäristökuormitus ja energiankulutus tärkeimmille pakokaasukomponenteille. Osuudet Suomen kaiken liikenteen ja tavaraliikenteen päästöistä on saatu vertaamalla laskettuja tuloksia VTT:n laskemiin liikennepäästöjen arvoihin. Liitteessä 22 on esitetty täydellinen laskentataulukko metsäteollisuuden kuljetusten synnyttämästä ympäristökuormituksesta Suomen rajojen sisäpuolella.

**Taulukko 6.6** *Metsäteollisuuden kuljetusten päästölaskenta ja päästöt Suomen talousalueen sisäpuolella 2008 ja osuus kaikista liikennepäästöistä*

	tonnia CO	tonnia HC	tonnia NOx	tonnia SO <sub>2</sub>	tonnia CO <sub>2</sub>	1000 l. Polttoa.	TJ Energia
<b>Raaka-aine kuljetukset</b>	463	155	6 150	603	496 786	183 961	6 816
<b>Tuotekuljetukset</b>	355	92	8 008	2 849	423 996	136 441	5 588
<b>Yhteensä</b>	817	247	14 158	3 452	920 781	320 402	12 404
Osuus Suomen liikennepäästöistä	0,4 %	0,8 %	12,6 %	19,0 %	5,6 %	6,3 %	5,4 %
Osuus Suomen tavaraliikenteen päästöistä	8,0 %	5,6 %	23,9 %	22,9 %	17,8 %	19,7 %	17,4 %

Kuljetusten aiheuttaman ympäristökuormituksen muodostumisesta alueellisesti saadaan konkreettista tietoa, kun kuljetusketjuja rajataan eri suuruisiin kuljetusalueisiin. Luonnollisena rajauksena toimivat Suomen rajojen sisäinen alue, Itämeren ja Iso-Britannian satamien muodostama alue niin sanottu feeder-satama-alue ja suorien kaukokuljetusten alue eli muun maailman asiakkaat. Kartassa (kuva 6.2) on havainnollistettu kuljetusten päästöjen syntyminen maantieteellisesti edellä mainitun tarkastelun mukaan.

Karttakuvassa esitetty metsäteollisuuden kuljetusten päästöjen maantieteellinen jakauma on suuntaa-antava. Luvut kuvaavat tarkastelluilla alueilla syntyneen kuljetussuoritteen, hiilidioksidin, typpioksidin, rikkidioksidin sekä energian osuutta. Laskennan suorittamista varten on selvitetty etäisyydet satamiin, mikä yleensä tapahtuu kolmikantapisteestä. Rajapisteiden kautta voidaan alusten ajatella kulkevan feeder-satama-alueen ja Suomen talousalueen sisä- ja ulkopuolelle. Rajat eivät kuitenkaan ole täsmällisesti oikeat ja riippuvat siitä, mistä suunnasta kuljetus Suomeen tulee. Esimerkiksi kaukokuljetusten rajaksi on määritelty 2500 kilometriä tuoteryhmän tuonti- ja vientisatamavolyymien painotetusta keskiarvosta ja Suomen talousalueen raja mantereesta vaihtelee 30 kilometristä 880 kilometriin. Suomen talousalueen sisäpuolinen kuljetussuorite on lähes 25 000 miljoonaa tonnikipometriä eli noin 32 %.



**Kuva 6.2** Kuljetusten päästöjen ja energiankulutuksen jakautuminen raaka-aineen lastaus ja tuotteiden määränpääsatamien mukaisesti. [65, muokattuna]

Tutkimuksen kaikki tie-, rautatie-, uitto- ja sisävesikuljetukset tapahtuvat Suomen rajojen sisäpuolella. Feeder-satamiin sekä kaukokuljetusalueille suuntautuvissa kuljetuksissa on mukana pelkästään meritse tapahtuvia aluskuljetuksia. Feeder-alue sisältää myös alueensa läpi meneviä kuljetuksia hieman yli 12 000 miljoonaa tonnikipometriä. Yhteensä feeder-alueen kuljetussuorite metsäteollisuuden raaka-aineiden ja tuotteiden osalta on lähes 27 000 miljoonaa tonnikipometriä eli 35 % kokonaissuoritteesta. Loppuosuus kokonaiskuljetussuoritteesta (33%; 25 800 miljoonaa tonnikipometriä) on Suomen ja feeder-alueen ulkopuolella suoritettavia kuljetuksia.

Tarkasteluun määritetyillä alueilla suoritettavat määrät ovat lähellä toisiaan. Huomion arvoista on, että Suomen metsäteollisuuden kuljetukset aiheuttavat suuremman osan ilmapäästöistä ulkomailla. Tämä johtuu metsäteollisuuden vientipainotteisuudesta. Mikäli tarkastelussa olisi jatkukuljetukset lopullisiin vientimaihin, ympäristökuormituksen maantieteellinen jakauma painottuisi enemmän kaukoalueisiin.

Edellä esitetyn maantieteellisen jakautumisen lisäksi tässä tutkimuksessa ei selvitetä tämän tarkemmin, missä ilmapäästöt syntyvät. On kuitenkin huomattava, että suuri osa ilmapäästöistä syntyy merialueilla ja raakapuukuljetuksissa vähän asutetuilla metsäalueilla. Lisäksi tuotantolaitokset Suomessa sijaitsevat pääasiassa taajama-alueiden ulkopuolella.

### 6.3 Case "Kaoliini"

Kaoliinia käytetään aikakausilehtipaperin teossa täyte- ja päällysteaineena. Kaoliini on kokonaisuudessaan tuontitavaraa, sillä kotimaiset kaoliiniesiintymät ovat olleet liian pieniä kannattavaan kaivostoimintaan [63]. Kaoliinia käytettiin paperin raaka-aineena noin 1,1 miljoonaa tonnia vuonna 2008 [47]. Kaoliinin käyttö paperin raaka-aineena on pysynyt muuttumattomana tuotannon määrään nähden, mutta paperiteollisuus on siirtynyt käyttämään yhä enemmän osin kotimaista kalsiumkarbonaattia täyteaineena [66]. Kaoliinin tuontimäärät (tullin tilastot) sekä satamien vastaanottama määrä (satamien vuositilastot) sekä metsäteollisuuden käyttämän kaoliinin määrät (tuotantolaitosten ilmoittamat määrät) poikkeavat hieman toisistaan. Tässä tutkimuksessa on hyödynnetty metsäteollisuuden ilmoittamia käytön mukaisia määriä.

#### 6.3.1 Kaoliinin kuljetusketju

Kaoliini tulee pääasiassa kolmesta maasta: Iso-Britanniasta (merkittävimmät esiintymät ja kaivokset Cornwallissa) [67; 68], Yhdysvalloista (Suomeen tulevan kaoliinin kaivokset Jeffersonissa Georgiassa) [44] ja Brasiliasta (Imerys-yhtiön kaivokset Ipixuna do Parássa) [67] (taulukko 5.1). Kuljetussuoritteet kaoliinin tuotantomaissa on laskettu haastatteluista saatujen tietojen perusteella. Iso-Britanniassa kaoliini siirretään lähtösatamaan kuorma-autoilla, Yhdysvalloissa käytetään junakuljetusta ja brasilialainen kaoliini kuljetetaan putkikuljetuksin (noin 150 kilometrin putki) lähtösatamaan [48]. Tullin tuontitilastoihin vuodelta 2008 on tilastoitu pienet erät Saksasta ja Alankomaista tuotua kaoliinia. Todennäköisesti nämäkin erät ovat lähteneet edellä mainituista kolmesta kaoliinin tuotantomaasta, mutta tarkemman tiedon puuttuessa tuontikuljetusten keskiarvoa laskettaessa käytetään Saksan ja Alankomaiden satamien keskiarvoa.

Kaoliini tulee Suomeen satamatilastojen mukaan neljään eri satamaan: Kotkaan, Raumalle, Ouluun ja Kemiin (taulukko 6.2., liite 9). Kotka ja Rauma ovat suurimmat kaoliinin tuontisatamat ja molemmissa näissä satamissa sijaitsevat kaoliinin liettämislaitokset. Myös Kemissä Veitsiluodon tehtaalla kaoliini lietteytetään tuotantolaitoksen yhteydessä sijaitsevalla liettämöllä, jolloin siirtymä Ajoksen satamasta maakuljetuksena on vain kaksi kilometriä. Edellä mainituilla satamapaikkakunnilla sijaitsevien tuotantolaitosten kaoliinin käyttö on ollut noin 440 000 tuhatta tonnia vuodessa. Loppuosa on kuljetettu maalla sijaitseville tuotantolaitoksille joko lietteytettynä 40 – 55 % kuiva-ainepitoisuuteen tai kuivana. Perustuen tehtyihin haastatteluihin, kuivana kuljetetun kaoliinin osuutena on laskelmissa käytetty 73,2 %. Suuri kuivana kuljetetun kaoliinin määrä johtuu siitä, että tuotantolaitokset, jotka tarvitsevat tuotannossaan runsaasti kaoliinia, lietteyttävät sen itse. Märkänä kuljetettu kaoliini lisää kuljetusmäärää noin 187 000 tonnia, kun kuiva-ainepitoisuutena on käytetty 50 %.

Kuljetusmuotojakauma kaoliinin maakuljetuksissa on seuraava: kuorma-autokuljetuksella kuljetetaan noin 72 % suoritteesta ja loput kuljetetaan junalla. Aluskuljetusten osuus on laskettu mukaan tuontikuljetuksiin. Rautateillä on kuljetettu kuivaa kaoliinia, joten veden osuus on lisätty kuorma-autokuljetusten määrään. Keskikuljetusmatkana rautatiekuljetuksissa on käytetty VR Cargon kuljetustilastojen mukaista 286 kilometriä. Tiekuljetuksissa on käytetty Tilastokeskuksen keskikuljetusmatkaa kalkkikiraaka-aineelle, joka on 95 kilometriä. Tuontikuljetusten keskimatka on laskettu painotetulla keskiarvolla tuontisatamien etäisyyksien ja satamaan tuodun kaoliinin perusteella.

### 6.3.2 Laskennan tulokset

Kaoliinin kuljetussuorite Suomen tuontisatamiin saakka on esitetty taulukossa 6.7. Kaoliinin tuontikuljetusten kuljetussuorite lasketaan metsäteollisuuden vuonna 2008 käyttämän kaoliinin perusteella, mikä on noin 85 000 tonnia tilastoitua tuontia vähäisempi. Tällöin kuljetussuoritetta muodostuu 240 – 839 miljoonaa tonnikipometriä vähemmän. Ylimääräisen kuljetussuoritteiden suuruuteen vaikuttaa se, mistä kyseinen määrä kaoliinia on Suomeen tuotu. Kuljetussuoritteiden keskiarvo, silloin kuin 85 000 tonnia kaoliinia jaetaan kolmen tuottajamaan välillä tasan, on noin 620 miljoonaa tonnikipometriä. Tämä kuljetussuoritemäärä on lähes yksinomaan meriliikennettä ja vastaa suurimmillaan noin 10 % kaoliinin kokonaiskuljetussuoritteesta.

Kaoliinin tuontisatamat Suomessa ja kotimaassa suoritettavien kuljetusten kuljetusmäärät on esitetty seuraavalla sivulla taulukossa 6.8. Taulukossa esitetyt arvot liittyen pigmenttikuljetuksiin, perustuvat metsäteollisuusyrityksiin tehtyihin kyselyihin ja haastatteluihin.

**Taulukko 6.7** Kaoliinin tuonnin kuljetussuorite vuonna 2008. [69; 67; 68]

Tuontivaltio	Tuotu määrä (t)	Lähtösatama	Kaoliinin painotettu kuljetus-matka (km)	Matka satamaan	Kuljetussuorite yht. (1000 tkm)
Saksa	24 494	-	1 500	-	36 741
Alankomaat	9 968	-	2 200	-	21 930
Iso-Britannia	419 738	Fowey	2 843	20	1 201 646
Yhdysvallat	318 638	Savannah	8 877	380	2 949 525
Brasilia	369 289	Barcarena	9 912	putkikulj.	3 660 367
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1 142 127</b>		<b>6 985</b>		<b>7 870 209</b>

**Taulukko 6.8** Kaoliinin kotimaan kuljetusmäärät vuonna 2008

Satama	Kaoliini (t)	Rannikon tuotantolaitosten käyttämä kaoliini (t)	Veden määrä lietteessä (t)	Auto-kuljetus	Juna-kuljetus
Kotkan satama	232 640				
Rauman satama	640 114				
Kemin satama	170 421				
Oulun satama	27 986				
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1 071 161</b>	<b>437 421</b>	<b>166 223</b>	<b>613 615</b>	<b>172 662</b>



Taulukossa 6.9 on laskettu kahden edellisen taulukon kuljetussuoritemäärät yhteen. Saatua tulosta on käytetty taulukon 6.10 kaoliinin kuljetusten aiheuttaman ympäristökuormituksen laskemiseen. Kaoliinin junakuljetusten vetovoimajakaumana on laskelmissa käytetty dieselledolla 79,4 % osuutta junakuljetusten kokonaissuoritteesta. Suuri dieselledon osuus selittyy yhdysvaltalaisen vetureiden toimimisella diesöljyllä. Kaoliinia kuljettaa kuljetusyhtiö CSX ja yhtiön vaunukalusto vastaa kokonaismassoiltaan suomalaisia vaunuja. [52] Laskelmissa on käytetty Lipaston yksikköpäästöarvoja myös yhdysvaltalaiselle vetokalustolle. Liitteessä 15 ovat laskelmat kaoliini kuljetusten aiheuttamista ympäristökuormituksista komponenteittain.

**Taulukko 6.9** *Kaoliinin kuljetuksen kokonaissuorite vuonna 2008.*

<b>TUONTIKULJETUKSET</b>	<b>Kuljetussuorite</b>	<b>KOTIMAAN KULJETUKSET</b>	<b>Kuljetussuorite</b>
<b>Junakuljetukset</b>	121,1 milj. tkm	<b>Junakuljetukset</b>	49,4 milj. tkm
<b>Kuorma-autokuljetus</b>	8,4 milj. tkm	<b>Kuorma-autokuljetus</b>	74,1 milj. tkm
<b>Laivakuljetus</b>	7740,7 milj. tkm		
<b>KAOLIININ KULJETUS YHTEENSÄ: 7993,7 miljoonaa tonnikilometriä,</b>			
<b>josta junakuljetuksen osuus</b>	170,5 milj. tkm,	prosenttiosuus 2,1 %	
<b>josta autokuljetuksen osuus</b>	82,5 milj. tkm,	prosenttiosuus 1,0 %	
<b>josta aluskuljetuksen osuus</b>	7740,7 milj. tkm,	prosenttiosuus 96,9 %	

**Taulukko 6.10** *Kaoliinin kuljetuksesta aiheutuva ympäristökuormitus tonnia kohti.*

	<b>kiloa</b>	<b>kiloa</b>	<b>kiloa</b>	<b>kiloa</b>	<b>tonnia</b>	<b>1000 l</b>	<b>GJ</b>
	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NOx</b>	<b>SO2</b>	<b>CO2</b>	<b>Polttoa.</b>	<b>Energia</b>
<b>Kuljettaminen</b>							
<b>lähtömaassa</b>	9 808	4 480	77 493	21	3 148	1 191	43 590
<b>Merikuljetus</b>	68 118	14 707	1 857 776	657 962	77 407	26 066	1 083 702
<b>Kotimaan kuljetus</b>	1 941	788	28 250	308	3 452	1 193	51 042
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>79 868</b>	<b>19 975</b>	<b>1 963 519</b>	<b>658 291</b>	<b>84 008</b>	<b>28 449</b>	<b>1 178 334</b>
<b>PÄÄSTÖ, KULUTUS</b>							
<b>/ KULJ. TONNI</b>	0,08	0,02	1,86	0,62	0,08	0,03	1,11

## 6.4 Case ”Sahatavara Välimerelle”

Suomalaisen sahateollisuuden tuotteita käytetään suuria määriä Välimeren alueen valtioissa. Varsinkin Pohjois-Afrikan valtiot sekä Israel ovat merkittäviä kauppakumppaneita sahateollisuudelle. Vuonna 2008 Välimeren rantavaltioihin vietiin yhteensä noin 1,2 miljoonaa tonnia sahatavaraa, joka oli lähes 24 % Suomen sahatavaran tuotannosta. Sahatavaran viennistä Välimeren maiden osuus on yli 39 %. Liikennenviraston meriliikennetilastojen mukaan Espanjan Atlantin puoleisiin satamiin vietiin sahatavaraa noin 41 000 tonnia ja Kanarian saarille 1 500 tonnia, mutta myös näiden sahatavaraerien määrät on otettu tarkastelussa huomioon. [25 ss. 68-72]

#### 6.4.1 Kuljetusketjun kuvaus

Sahatavaran viennin ympäristökuormituksen laskennan tekee yksinkertaisemmaksi se, että sahatavarakuormat Välimeren vientisatamiin ovat suurelta osin suoria. Tällöin päästö määrästä kuljetettua yksikköä kohti saadaan mahdollisimman tarkka. Sahatavaran kuljetusetäisyydet on laskettu kuljetusvolyyymien painotetulla keskiarvolla. Taulukossa 6.11 on viennin määrä ja aiheutuva kuljetussuorite Välimeren alueen valtioihin.

**Taulukko 6.11** Sahatavaran viennin kohdemaat ja aluskuljetusten suorite vuonna 2008.

<b>Valtio</b>	<b>Määrä (t)</b>	<b>Etäisyys (km)</b>	<b>Kuljetussuorite (milj. tkm)</b>
Espanja	67 105	4 272	287
Albania	5 219	7 029	37
Kreikka	73 436	7 401	544
Turkki	872	7 698	7
Kypros	17 013	8 155	139
Israel	143 613	8 370	1 202
Egypti	472 670	7 989	3 776
Libya	3 304	6 648	22
Tunisia	71 539	6 129	438
Algeria	251 505	5 636	1 417
Marokko	100 728	4 705	474
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1 207 004</b>		<b>8 342</b>

Sahatavaran kuljettaminen kotimaassa aiheuttaa kuljetussuoritteen logistisen ketjun kahdessa eri kohdassa: raaka-aine kuljetuksina sahoille sekä valmiina tuotteina sahoille. Yhden tonnin tuottaminen valmista kuivattua sahatavaraa vaatii keskimäärin 2,86 tonnia raakapuuta (keskiarvoinen saanto puusta: käytetty 45,4 % ja puun kosteusprosentin muutos, kuivaaminen: käytetty 50 % - 20 %) [18 s. 249; 60]. Energiankulutusta ja täten tarvittavaa energiaraaka-aineen kuljetuksia sahatavaran valmistamiseksi ei ole otettu huomioon, sillä suurin osa tarvittavasta energiasta on sähköä. Taulukossa 6.12 on esitetty kotimainen raaka-aineiden ja valmiiden tuotteiden kuljetussuorite sekä viennistä aiheutuva kuljetussuorite. Laskelmissa on käytetty kyseisen ryhmän keskimääräistä kuljetusmuotojakautumaa.

**Taulukko 6.12** Sahatavaran tuottamisen koko logistisen ketjun kuljetusten suorite vuonna 2008.

<b>RAAKAPUUN KÄYTTÖ</b>			
Määrä	3 793 614	tonnia	
Kuljetussuorite	599	miljoonaa tonnikilometriä	
, josta autokuljetuksen osuus kuljetussuoritteesta 55,6 %			333 milj. tkm
, josta junakuljetuksen osuus kuljetussuoritteesta 38,2 %			229 milj. tkm
, josta uittokuljetuksen osuus kuljetussuoritteesta 4,2 %			25 milj. tkm
, josta aluskuljetuksen osuus kuljetussuoritteesta 2,0 %			12 milj. tkm.
<b>SAHATAVARAN KULJETUS KOTIMAASSA</b>			
Määrä	1 207 004	tonnia	
Kuljetussuorite	217	miljoonaa tonnikilometriä	
, josta autokuljetuksen osuus kuljetussuoritteesta 72,5 %			158 milj. tkm
, josta junakuljetuksen osuus kuljetussuoritteesta 27,5 %			60 milj. tkm.
<b>SAHATAVARAN VIENTI</b>			
Määrä	1 207 004	tonnia	
Kuljetussuorite	8 348	miljoonaa tonnikilometriä	
, josta aluskuljetuksen osuus kuljetussuoritteesta 100,0 %			

#### 6.4.2 Laskennan tulokset

Sahatavaran kuljettamisen ympäristökuormitus on laskettu Lipaston yksikköpäästökertoimia hyödyntäen. Kun lasketaan yhteen kotimaassa tapahtuva kuljettaminen sekä aluskuljetus vientimaiden satamiin, saadaan selville sahatavaran kuljettamisen aiheuttama ympäristökuormitus. Taulukossa 6.13 on esitetty tulokset tärkeimpien päästökomponenttien osalta. Täydelliset laskutaulukot ja kaikki päästökomponentit ovat liitteessä 16. Saadut tulokset eivät täysin ole vertailukelpoisia taulukon 6.5 sahatavarakuljetusten keskimääräisiin ympäristökuormitukseen, sillä case-tapauksen tarkastelussa ei ole raaka-aineista huomioitu kuin raakapuun osuus.

**Taulukko 6.13** Sahatavaran kuljettamisesta Välimeren alueen maihin aiheutuva ympäristökuormitus vuonna 2008.

	kiloa CO	kiloa HC	kiloa NOx	kiloa SO2	tonnia CO2	1000 l Polttoa.	GJ Energia
<b>Raakapuun kuljetukset</b>	16 148	6 890	196 968	8 200	16 875	6 070	237 395
<b>Kotimaan kuljetus</b>	2 600	1 032	45 968	388	6 100	2 157	87 935
<b>Vientikuljetukset</b>	108 451	23 359	3 003 257	1 001 086	133 478	41 712	1 668 476
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>127 199</b>	<b>31 281</b>	<b>3 246 193</b>	<b>1 009 675</b>	<b>156 453</b>	<b>49 939</b>	<b>1 993 807</b>
<b>PÄÄSTÖ, KULUTUS / KULJETETTU TONNI</b>	0,11	0,03	2,69	0,84	0,13	0,04	1,65

## 6.5 Case "Keräyspaperi"

Paperinkeräys oy toimii Suomessa paperin ja muiden uusiokäyttöön soveltuvien kuitujen tuottajayhteisönä ja on suurimpien metsäteollisuusyritysten yhteisomistuksessa. Metsäteollisuuden yrityksistä uusiokuituja käyttää Suomessa muutama toimija. Kaipolassa keräyspaperia käytetään sanomalehtipaperin tuotannossa. suurimpia käyttäjiä Suomessa Kaipolan lisäksi on Mäntässä, Nokialla ja Porissa. Uusiokuituja toimitetaan pieniä erinä muiden kuin metsäteollisuusyritysten käyttöön kuten eristeteollisuuteen. [70]

Uusiokuitujen kuljettamisessa on kaksi vaihetta: keräysvaihe talojen ja alueellisten keräyspisteiden astioista ja kuljetus varastoon sekä keräyspaperivarastosta kuljetus uusiokuituja käyttävälle tuotantolaitokselle. Myös teollisuudesta ja painoissa syntyy suuria määriä kierrätettävää materiaalia, varsinkin käytettyjä kartonkipakkauksia. Varastoja Suomessa oli vuonna 2008 yli kymmenen ja ne sijaitsivat ympäri maata. [58]

Tässä luvussa lasketaan uusiokuitujen kuljettamisesta aiheutuva ympäristökuormitus alueellisista keräysvarastoista materiaalia käyttäville tuotantolaitoksille. Paperinkeräys oy:n alueellisista keräysvarastoista kuljettamasta paperista 70 % on paalattua ja loput irtopaperia. Tällä on merkitystä kuormien keskipainojen ja samalla yksikköpäästökertoimia tarkasteltaessa, sillä irtopaperikuormat eivät hyödynnä ajoneuvoyhdistelmän koko 40 tonnin kuljetuskapasiteettia. Tässä laskennassa on käytetty Lipaston yksikköpäästökertoimet 70 %:lle maksimikuormasta. [58 s.12]

Irtokeräyspaperi kuljetetaan paalattuina tai irtopaperina konteissa [58 s. 12], joilla paluukuljetuksia paperitehtaalta pystytään harvoin suorittamaan. Siksi tarkastelussa on huomioitu myös tyhjänä takaisin keräyspaperivarastolle ajaminen 60 %:ssa keräyspaperimäärästä. Kun kuorman keskipainon arvioidaan näissä kuljetuksissa olevan 28 tonnia ja kuljetusmatkan 81 kilometriä, saadaan tyhjänä ajettavia ajoneuvokilometrejä yhteensä 628 000 kilometriä. Taulukossa 6.14 on uusiokuitumateriaalin kuljetusten aiheuttamat suoritteet. Täydelliset laskentataulukot ovat liitteessä 17.

**Taulukko 6.14 Uusiokuitumateriaalikuljetusten suorite ja ympäristökuormitus 2008.**

Täyttö- aste	Suoritemäärät milj. tkm	kiloa CO	kiloa HC	kiloa NOx	kiloa SO2	tonnia CO2	1000 l Polttoa.	GJ Energia
<b>Täysi</b>	<b>41</b>	199	66	8 558	9	1 373	511	18 660
<b>70% täysi</b>	<b>18</b>	118	40	4 674	5	747	282	10 285
<b>Tyhjänä</b>	<b>1,257</b> milj. km	193	79	6 821	7	1 105	418	15 080
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>510</b>	<b>185</b>	<b>20 053</b>	<b>21</b>	<b>3 225</b>	<b>1 210</b>	<b>44 025</b>
PÄÄSTÖ, KULUTUS / KULJETETTU TONNI (g/t)		0,70	0,26	27,70	0,03	4455	1,67	60,81

Uusiokuitu- ja raakapuukuljetuksia ei voida verrata keskenään, sillä uusiokuitukuljetuksista puuttuvat paperin ja kartongin keräilykuljetukset sekä materiaalin käsittely. Tästä syystä raakapuu ja uusiokuitukuljetusketjujen kuormittavuus ympäristölle vaatii tarkempaa analyysiä ottaen huomioon koko logistinen ketju.

## 7 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa aikaisemmin tutkimuksessa esitetyistä tuloksista on poimittu olennaisimmat ja niiden avulla pyritään havainnollistamaan ympäristökuormituksen määrää. Periaatteena on esittää tulokset jaotellen ne metsäteollisuudenalan osuuksiin ja päästökomponentteihin. Syy jaottelulle on, että saatuja tuloksia on voitu analysoida tarkemmin. Lopuksi tuloksia on verrattu vuonna 2000 valmistuneeseen metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitusta käsitelleeseen tutkimukseen.

### 7.1 Ympäristökuormitus pakokaasukomponenteittain ja komponentin synty tapa metsäteollisuuden kuljetusketjussa

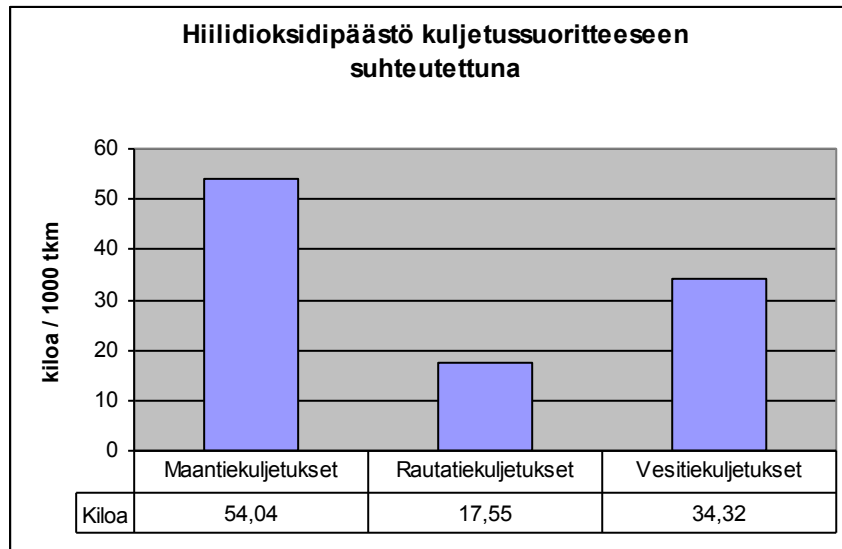
Jotta kuljetusten ympäristökuormitusta pystytään tarkoituksellisesti vähentämään, on oltava riittävä tietopohja siitä, **miten pakokaasukomponentit syntyvät**, esimerkiksi olosuhteiden ja käytetyn kaluston tai energian suhteen. On myös oltava riittävä tietämys siitä, **miten** liikenteen ja kuljetusten **ympäristökuormitus on kehittynyt** aiemmin ja **skenaario todennäköisestä kehityskulusta** tulevaisuudessa. Lisäksi on sovittava selvä **tavoitetaso** johon pyritään. Tällaisesta esimerkkinä on EU:n ajama ilmastopolitiikka, joka tähtää myös kuljetusten päästöjen vähentymiseen. Kuljettamisen ympäristöpäästöjen vähentymistä on historian valossa asettanut suurimmat haasteet talouden kasvamisen ja globalisoitumisen aiheuttama kuljetustarpeen lisääntyminen.

Tässä luvussa pureudutaan edellä mainitun kuljetusten ympäristökuormitukseen liittyvän tietopohjan ensimmäiseen kohtaan: minkä kuljetusvälineen tuottamana tutkimuksessa tarkasteltavat pakokaasukomponentit ovat syntyneet. Tämä on ensimmäinen askel mahdollisuuksiin haitallisten kaasupäästöjen vähentämiselle kuljetuksissa. Päästökomponenttien mukaisesti nimetyissä alaluvuissa on tarkasteltava päästö suhteutettu kuljetusmuodon suoritteeseen, jotta kuljetusmuodon todellinen osuus ympäristökuormituksesta selviäisi. Kun päästöjä tarkastellaan niiden suhteena kuljetussuoritteeseen, ei ole merkitystä miten kuljetusketju on rajattu, sillä kuormitus jakautuu tasaisesti suoritelmäärälle.

#### 7.1.1 Hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>)

Hiilidioksidipäästöt ovat suoraan yhteydessä liikenteessä käytetyn polttoaineen määrään, sillä puhdistusmenetelmää pakokaasujen hiilidioksidille ei ole. Hiilidioksidikuorman vähentämiseksi energian valinnalla on käyttää hiilineutraaleja polttoaineita kuten biopolttoaineita (laskennallinen vähentymä), vetyä tai kuljettaa sähkömoottoreilla varustetuilla ajoneuvoilla.

Hiilidioksidipäästöjä syntyy tasaisesti eri kuljetusmuotojen välillä polttoaineen käyttömäärän mukaisesti. Kuljetusten energiatehokkuus, eli mahdollisimman vähäinen polttoaineen käyttö kuljetussuoritetta kohti, on määräävä tekijä hiilidioksidipäästöjen syntymiseen. Tällöin suuruuden ekonomiasta, eli suurista kuljetusvälineistä, on hyötyä ja niillä kuljettaminen on hiilidioksidipäästöjen kannalta edullista (kuva 7.1).



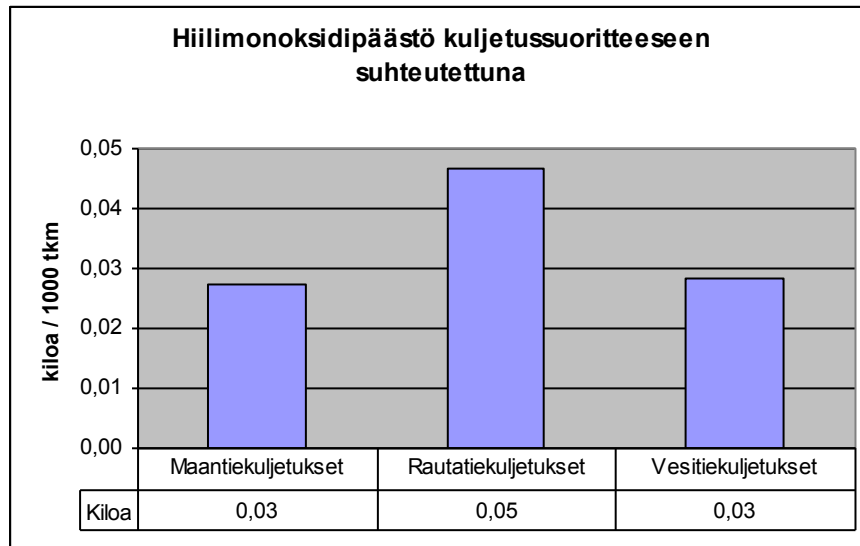
**Kuva 7.1** *Hiilidioksidipäästö metsäteollisuuden kuljetuksissa suhteutettuna kuljetussuoritteeseen vuonna 2008.*

Kuvassa 7.1 havainnollistuu kuljetusvälineiden suuruuden ekonomian aikaansaama syntyneen hiilidioksidin vähenemä kuljetussuoritetta kohti. Vaikka metsäteollisuuden kuljetuksissa tieliikenteessä käytetään yleisesti suurimpia sallittuja massoja ja tilavuusmittoja, tieliikenteen aiheuttama hiilidioksidipäästö on silti muita kuljetusmuotoja huomattavasti suurempi. Rautatiekuljetusten hiilidioksidipäästöjen vähäisyys johtuu osaksi sähkövedon aiheuttamasta vähäisestä hiilidioksidikuormasta.

### 7.1.2 Hiilimonoksidi (CO)

Hiilimonoksidi- eli häkäpäästöjen trendi on ollut Suomessa voimakkaasti laskeva kehittyneen moottoritekniikan ansiosta. Tieliikenteessä päästömääriä on säädösin rajoitettu, joten tieliikenteestä on tullut kuljetusmuodoista hiilimonoksidipäästöjen suhteen puhtainta (kuva 7.2). Tämä tarkoittaa sitä, että tulevaisuudessa tieliikenteen häkäpäästöjen vähentämispotentiali on pienempi ja kehitys maltillisempaa. Merikuljetusten häkäpäästöt suoritetta kohti ovat samansuuruiset tiekuljetusten kanssa.

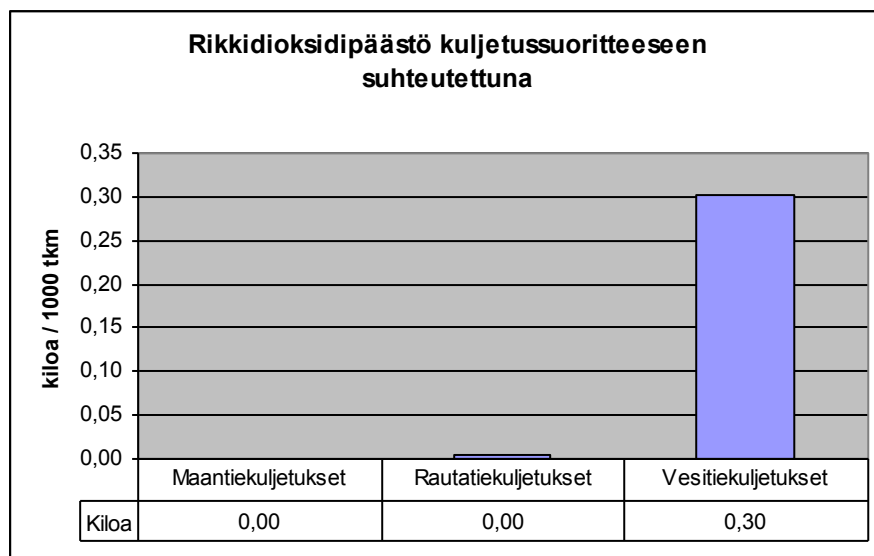
Rautatieliikenteessä syntyvät häkäpäästöt ovat pääasiassa peräisin vanhoista dieselvetureista sekä ratapihoilla tapahtuvasta vaihtotyöstä. Vaikka rautatiekuljetusten ero hiilimonoksidipäästöissä muihin kuljetusmuotoihin verrattuna ei lukuarvoltaan ole suuri, se on yli 70 % suurempi kuin tiekuljetusten vastaava arvo. Rautatiekuljetuksissa häkäpäästöjen vähentämispotentiali on täten suurin, mutta kuvassa 7.2 esitetty arvo tulee vähenemään ratojen sähköistämisen ja sähkövedon yleistymisen myötä.



**Kuva 7.2** *Hiilimonoksidipäästö metsäteollisuuden kuljetuksissa suhteutettuna kuljetussuoritteeseen vuonna 2008.*

### 7.1.3 Rikin oksidit (SO<sub>x</sub>)

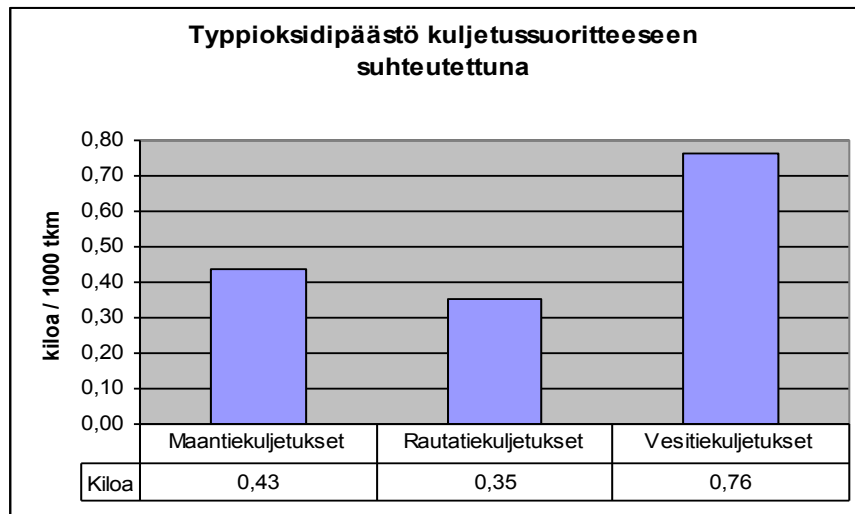
Maakuljetusvälineissä ei käytetty rikkiä sisältävää polttoainetta tarkasteluvuonna. Tämän vuoksi meriliikenne aiheuttaa metsäteollisuuden kuljetusten rikkidioksidikuormasta valtaosan. Kuvassa 7.3 on esitetty, kuinka paljon rikkidioksidia syntyi 1000 tonnikipometrin kuljettamisesta eri kuljetusmuodoin metsäteollisuuden kuljetuksissa vuonna 2008. Rikkipäästöjen trendi on ollut suomalaisessa meriliikenteessä selvästi laskeva. Lipasto-päästölaskentajärjestelmän mukaan vuodesta 1980 vuoteen 1998 rikkidioksidipäästöt ovat vähentyneet meriliikenteessä Suomen talousalueella noin 2 500 tonnia eli 14 % kokonaispäästöistä.



**Kuva 7.3** *Rikkidioksidipäästö metsäteollisuuden kuljetuksissa suhteutettuna kuljetussuoritteeseen vuonna 2008.*

### 7.1.4 Typen oksidit (NO<sub>x</sub>)

Dieselmootoreille tyypillinen polttoaineen palaminen kuumissa olosuhteissa synnyttää typen oksideja. Kuvassa 7.4 jokaisella kuljetusmuodolla on havaittavissa typpioksidipäästöjä kuljetussuoritetta kohti. Rautatieliikenteessä typen oksidien päästöt ovat vähäisimmät, koska sähkövetoisen junan päästöt ovat noin kymmenesosa dieselvetoisesta junasta. Maantiekuljetukset ovat typen oksidien suhteen vähän ympäristöä kuormittavia uusien ajoneuvojen moottorin käymisen hallinnan ansiosta.



**Kuva 7.4** Typpioksidipäästö metsäteollisuuden kuljetuksissa suhteutettuna kuljetussuoritteeseen vuonna 2008.

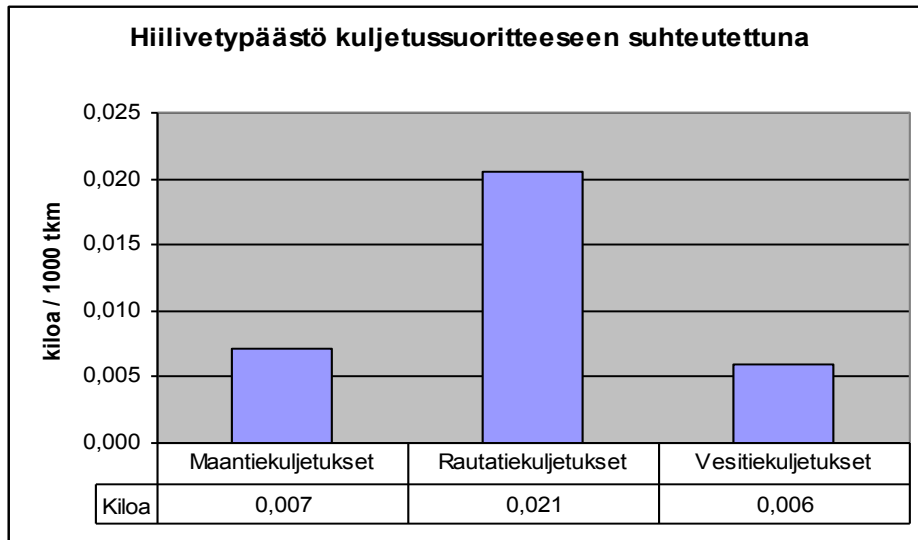
Tieliikenteen typpioksidipäästöjä on pystytty alentamaan merkittävästi kuluneiden 30 vuoden aikana. Typpioksidipäästöt ovat pudonneet lähes kolmasosaan vuoden 1980 tasolta. Voidaankin nähdä, että pakokaasupäästöjen rajoittamisella (taulukko 3.4) on ollut suuri merkitys typpioksidipäästöjen kannalta. Uuden ajoneuvokaluston ja pakokaasujen puhdistusmenetelmien käyttöönoton myötä typenoksidit ovat pudonneet noin 70 % raskaissa ajoneuvoissa kuljetussuoritteiden kasvamisesta huolimatta.

Vesiliikenteen osalta typen oksidien päästöt ovat samalla tasolla kuin vuonna 1980. Toisaalta vuodesta 1980 meriliikenteen määrä on merenkulkulaitoksen mukaan suoriteperusteisesti mitattuna kaksinkertaistunut. Kuitenkin vesiliikenteen typpioksidipäästöt kuljetussuoritteeseen verrattuna ovat 75 % maantiekuljetuksia suuremmat, joten suurin päästöjen vähennyspotentiaali löytyy vesiliikenteestä.

### 7.1.5 Hiilivedyt (HC)

Typen oksidien tavoin myös hiilivetyjen kohdalla pakokaasujen puhdistusmenetelmien kehittyminen on vähentänyt hiilivetyypäästöjä merkittävästi tieliikenteessä. Rautatieliikenne on kuljetussuoritteeseen suhteutettuna suurin hiilivetyypäästöjen lähde (kuva 7.5) ja hiilivetyypäästöt syntyvät lähes yksinomaan dieselvetojen toiminnassa. Tämä johtuu siitä, että metsäteollisuuden kuljetukset vaativat sähköistämättömien rataosuuksien takia dieselvetoa esimerkiksi raakapuun kuljettamiseen.



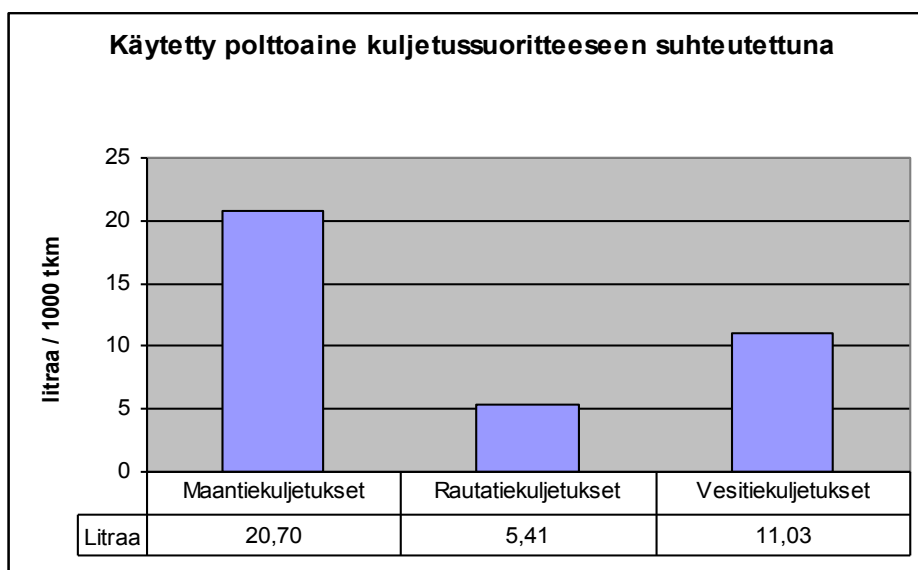


**Kuva 7.5** *Hiilivety päästö metsäteollisuuden kuljetuksissa suhteutettuna kuljetussuoritteeseen vuonna 2008.*

### 7.1.6 Käytetty polttoaine

Käytetyn polttoaineen määrä korreloi kuljetuksiin käytetyn energian määrän kanssa. Energian ja sen vuoksi myös polttoaineiden hinnan muutokset heijastuvat lopulta kuljetuksia käyttävien asiakkaiden kustannuksiin. Lisäksi voidaan nähdä globaalilla tasolla kytkeä käytetyn polttoaineen ja polttoaineen sen hetkisen hinnan välillä. Toisaalta polttoaineiden hintaan vaikuttavat kulutuksen lisäksi myös monet muut tekijät, kuten öljyvarastojen tasot ja uusien öljyesiintymien löytäminen.

Tutkimuksessa havaittiin (kuva 7.6), että käytetyn polttoaineen suhteen maantiekuljetukset olivat epätaloudellisimpia. Maantieliikenteessä käytetyn polttoaineen määrää ei ole saatu vähennetyksi niin kuin haitallisia pakokaasuja.



**Kuva 7.6** *Käytetty polttoaine litroina metsäteollisuuden kuljetuksissa suhteutettuna kuljetussuoritteeseen vuonna 2008.*

Käyttämällä suuria kuljetusyksiköitä saadaan polttoaineen kulutusta vähennettyä kuljetettua tonnia kohti. Tämän vuoksi myös hiilidioksidipäästöt jäävät pienemmiksi. Kuvassa 7.6 on esitetty kuljetusmuotojen käyttämä polttoaine litroina 1000 tonnikilometriä kohti. Merikuljetuksissa käytetty bunkkeriöljy on ominaispainoltaan noin 25 % painavampaa kuin diesel, joten painon suhteen tulos olisi merikuljetusten kannalta epäedullisempi. Täytyy muistaa, että tutkimuksessa on laskennallisesti osoitettu, että sähkövedon osuus metsäteollisuuden rautatiekuljetuksista on hieman yli puolet suoritteesta (50,4 %). Tämän vuoksi kuvassa 24 esitetty rautatiekuljetusten suoritekohtainen polttoaineen kulutus on noin puolet siitä mitä se olisi, jos kaikki metsäteollisuuden kuljetukset hoidettaisiin dieselledolla. Ilman sähkövetoa kulutus metsäteollisuuden kuljetuksissa kuljetussuoritteeseen suhteutettuna olisi näillä kuljetusmuodoilla yhtä suuri.

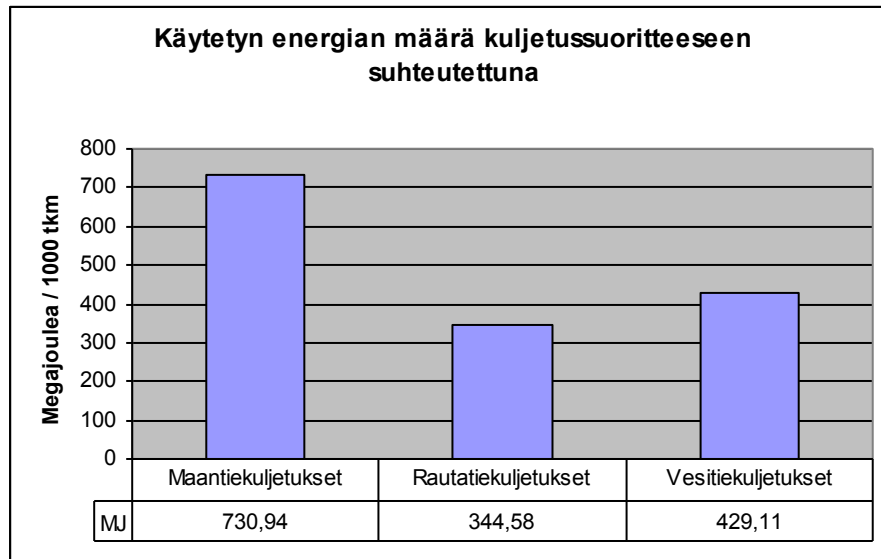
## 7.2 Metsäteollisuuskuljetusten energiankulutus ja sen kehittyminen

Kuljetusten energiankulutus syntyy kuljetusvälineiden polttoaineen sekä rautateiden sähköjunien energiankulutuksen summana. Tässä luvussa tarkastellaan metsäteollisuuden kuljetusten energiankulutusta tarkemmin.

Vuonna 2008 metsäteollisuus käytti toiminnassaan sähköenergiaa 24,8 TWh eli yli 89 000 terajoulea ja tehdaspolttoaineita 244 000 terajoulea. Metsäteollisuuden kuljetukset vaativat samana vuonna lähes 35 000 terajoulea fossiilisia polttoaineita ja 0,85 TWh eli 300 terajoulea sähköenergiaa. Kuljetusten osuus metsäteollisuuden kokonaisenergiankulutuksesta tuotanto ja kuljetukset huomioiden, oli vajaa kymmenesosa.

**Kuljetuksen energiatehokkuudella** tarkoitetaan kuljetuksen suorittamista mahdollisimman pienellä energiamäärällä ja tämä tavoite kulkee käsi kädessä kasvihuonekaasujen pienentämisen kanssa. Energiatehokkuus nousee kuljettamisessa esille entistä korostetummin silloin, kun energian hinta on korkea. Suomessa on olemassa sitoumus energiapalveludirektiivin (2006/32/EC) mukaisesti yhdeksän prosentin vähennyksestä energian loppukäytössä vuosien 2001 – 2005 tasosta. Tämän tavoitteen toteutumisessa liikennesektorilla nähdään olevan tärkeä rooli. [71 s. 7 - 8]

Kun verrataan metsäteollisuuden käyttämien kuljetusmuotojen energiatehokkuutta keskenään, on selvää että vähiten polttoainetta suoritetta kohti käyttävät rautatie- ja meriliikenne käyttävät myös energiaa vähiten. Kuvassa 7.7 on vertailu metsäteollisuuden kuljetusmuotojen energiatehokkuudesta vuonna 2008.

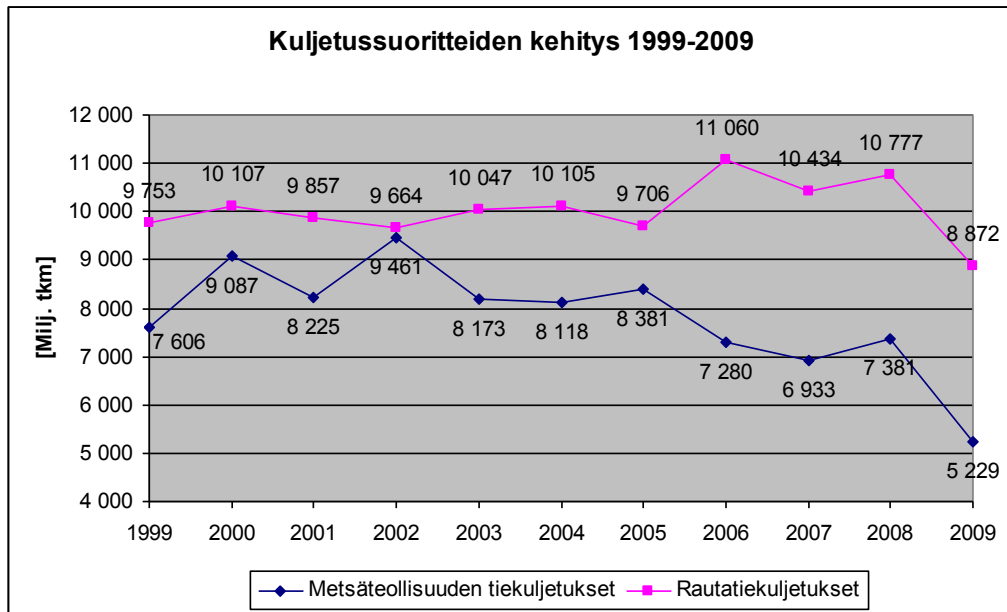


**Kuva 7.7** Käytetyn energian määrä kuljetussuoritteeseen suhteutettuna vuonna 2008.

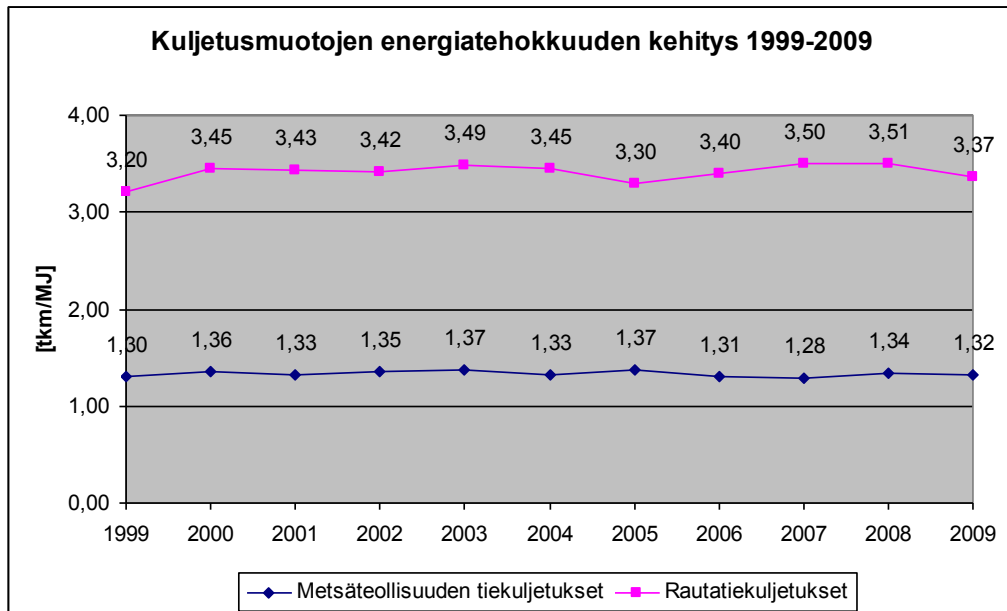
Tutkimuksessa suoritettujen laskelmien mukaan, metsäteollisuuden kuljetuksissa rautatiekuljetukset kuluttavat noin 47 % maantiekuljetusten energiasta, vaikka rautatiekuljetuksissa on mukana myös käytetty sähköenergia. Tilastokeskuksen kuljetustilastoista pystytään kartoittamaan metsäteollisuuden tieliikenteen ja VR Groupin rautatietilastosta junakuljetusten energiatehokkuutta (kuva 7.9). Kuljetusten energiatehokkuus on saatu jakamalla tilastoidut tonnikilometrit (kuva 7.8) kuljetuksiin käytetyllä energiamäärällä.

VR Groupin vuotuiset bruttotonnikilometrit on jaettu henkilö- ja tavaraliikenteen kesken sekä diesel- että sähkövedon osalta. Laskenta perustuu siihen, että tonnikilometrin kuljettaminen kuluttaa saman määrän energiaa olipa kyseessä matkustajia tai tavaraa. Meriliikenteestä ei saatavilla olevilla tiedoilla ollut mahdollista rakentaa vastaavaa energiatehokkuuden kehityskäyrää.

Seuraavissa kuvaajissa tiekuljetusten osalta on käytetty Tampereen teknillisen yliopiston tutkijan Heikki Liimataisen tekemää pohjatyötä omaan tutkimukseen kuljetusten energiatehokkuuden parissa. Kuvaajissa tiekuljetukset kattavat vain Tilastokeskuksen tilastoimat metsäteollisuuteen liittyvät tavaraluokat (eivät suoraan verrannollisia tämän tutkimuksen suoritteiden kanssa) ja rautatiekuljetukset kattavat kaikki tavararyhmät. Kuvassa 7.9 suurempi energiatehokkuuden arvo on parempi. Se tarkoittaa, että megajoulella energiaa pystytään suorittamaan enemmän tonnikilometrejä.



**Kuva 7.8** Kuljetussuoritteiden kehitys 1999–2009.



**Kuva 7.9** Energiatehokkuuden kehitys 1999–2009.

Kuvan 7.9 perusteella, käytetyn energian määrän suhde kuljetussuoritteeseen nähden ei ole juurikaan parantunut viimeisen kymmenen vuoden aikana. Rautatiekuljetuksissa voidaan havaita, että vuosina, joina kokonaissuorite on ollut pienempi, myös energiatehokkuus on ollut hieman heikompi. Tämä johtuu pienemmistä junakuormista, mikä heikentää hieman tehokkuutta. Tieliikenteessä vastaavaa yhteyttä ei ole havaittavissa, vaan käytetyn energian määrä suhteessa suoritteeseen näyttää pysyneen staattisena. Vaikka dieselledon osuus tavarakuljetuksissa on vähentynyt kymmenen vuoden aikana (kuva 3.4), sitä ei voida havaita energiatehokkuuden parantumisena. Kuljetusten aiheuttamiin ympäristökuormituksiin vetoenergian vaihtumisella on kuitenkin ollut alentava vaikutus. Tästä voidaan päätellä, että energiatehokkuuden kasvattamiseen tarvitaan muita keinoja kuin sähkövedon osuuden kasvattaminen.

Toisaalta mikäli sähkön tuotantotapa ei aiheuta kasvihuone- tai muita pakokaasupäästöjä, pystytään kuljetusten ympäristökuormitusta vähentämään merkittävästi ilman energiatehokkuuden samanaikaista parantamista.

Vaikka pakokaasujen haitallisia komponentteja on pystytty vähentämään tieliikenteessä merkittävästi, eivät polttoaineen kulutus ja samalla energiankulutus ole pienentyneet. Tämä johtuu siitä, etteivät kuljetusvälineiden maksimimassat ole nousseet tarkasteltavalla ajalla. Lisäksi kuljetusvälineiden omapaino ei ole parantunut merkittävästi suhteessa kuljetetun kuorman painoon. Lisäksi nykyaikaiset dieselmoottorit polttavat saman määrän polttoainetta puhtaammin kuin edellisten mallisukupolvien moottorit, mikä parantaa ympäristökuormitusta mutta ei kuljetusten energiatehokkuutta. Energiatehokkuuden kasvattamiseksi tarvitaan muita toimenpiteitä kuten keskikuorman kasvattamista. Osaa näistä toimenpiteistä tarkastellaan skenaarioiden yhteydessä.

### 7.3 Metsäteollisuuden kuljetusten ja tuotannon ympäristökuormituksen vertailu

Tutkimuksessa selvitetty kuljetusten aiheuttamaa ympäristökuormitusta voidaan verrata tuotteen valmistuksen päästöihin käyttämällä olemassa olevien tietoja. Vertailuarvojen lähteenä on käytetty Metsäteollisuus ry:n tilastoja massa- ja paperiteollisuuden tuotteiden valmistamisen aiheuttamasta ympäristökuormituksesta tarkastelussa olevalta vuodelta 2008. Näissä selvityksissä ei ole mukana puutuoteteollisuuden tuotannon kuormitusarvoja eikä massa- ja paperituotteita ole taulukoitu erikseen. Lisäksi tuotannon ilmaan aiheuttamia ympäristökomponentteja ei ole käytettävissä niin useita kuin tässä tutkimuksessa on. Taulukossa 7.1 oleva vertailu antaa kuitenkin pohjan tarkastelulle kuljetuksissa syntyneistä päästöistä verrattuna tuotannon aiheuttamiin päästöihin.

**Taulukko 7.1** *Massa- ja paperiteollisuuden tuotannon ja kuljetusten aiheuttamat päästöt ilmaan vuonna 2008. [28 s. 9]*

Tuotanto / kuljettaminen	Komponentin päästömäärä (t)			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	PM
Massa- ja paperiteollisuus <b>tuotanto</b> yht.	3 116	20 994	4,42 Mt	3 045
Massa- ja paperiteollisuus <b>kuljetukset</b> yht.	13 808	29 473	1,90 Mt	1 400

Taulukossa 7.1 oleva massa- ja paperiteollisuuden kuljetusten arvot pitävät sisällään tuotantoon tarvittavien raaka-aineiden, sellun kotimaisen kuljettamisen tehtaiden välillä ja valmiiden tuotteiden kuljettamisesta aiheutuvat päästöt. Arvoista voidaan nähdä, että tuotannossa käytettävien puhdistusmenetelmien ansiosta aiheutuvat ilmanpäästöt ovat eräiden päästökomponenttien osalta merkittävästi kuljettamista pienemmät.

Ilmaan pääsevien pienhiukkasten määrä on tuotannossa on yli kaksinkertainen kuljetuksiin verrattuna. Massa- ja paperiteollisuuden tuotanto aiheuttaa myös hiilidioksidipäästöjä enemmän kuin mitä kuljettaminen koko logistisessa ketjussa aiheuttaa. Hiilidioksidipäästöihin vaikuttaa ratkaisevasti tuotantoon käytetty energia, joka metsäteollisuudessa suurelta osin (noin 80 % vuonna 2009) on hiilineutraalia. Taulukossa käytetty luku on vain fossiilisten polttoaineiden polttamisesta aiheutuvan hiilidioksidipäästön määrä. [72]

## 7.4 Kuljetusten ympäristökuormituksen muutos vuodesta 1998 vuoteen 2008

Tavoitteena tällä tutkimuksella on päivittää edellisen vuoden 1998 kuljetuksien kuljetussuoritetta ja ympäristökuormitusta kartoittaneen tutkimuksen tuloksia. Vertailulähteenä on siis käytetty Tuomo Leskisen diplomityötutkimusta vuodelta 2000. Tutkimuksen kohteet ja muut tekijät eli esimerkiksi kuljetusten laajuus, aika ja osin lähdemateriaali on pyritty valitsemaan siten, että tutkimukset olisivat vertailukelpoiset. Mikäli merkittäviä eroja päästöjen osalta on ilmennyt, syyt erojen muodostumiselle on pyritty selvittämään. Toisaalta tarkoitus ei ole päästä samaan tulokseen, vaan pyrkimys on ollut nähdä todellinen kehittyminen ympäristökuormituksen muutoksessa.

**Kuljetusmäärissä** ei vertailuvuosien välillä ole huomattavaa eroa. Leskisen tutkimuksen mukaan metsäteollisuuden raaka-ainekuljetusmäärä oli vuonna 1998 noin 64 miljoonaa tonnia. Tämä on lähes kaksi miljoonaa tonnia enemmän kuin mitä tässä tutkimuksessa. Ero selittyy kotimaisen raakapuun käytöllä, jonka määrä ensimmäisessä tutkimuksessa oli miltei kahdeksan miljoonaa tonnia suurempi. Toisaalta vuonna 2008 tuodun raakapuun sekä hakkeen määrät olivat selvästi, eli yhteensä 5,5 miljoonaa tonnia edellistä tutkimusta suuremmat. Myös pigmentti- sekä kemikaalimäärät olivat puolitoista miljoonaa tonnia suuremmat vuonna 2008.

**Taulukko 7.2** Kuljetussuoritteiden vertailu tehtyjen tutkimusten välillä.

<b>Kuljetussuoritteiden vertailu: Leskinen 1998 / Järveläinen 2008</b>				
	<b>Määrä</b>	<b>Ero</b>	<b>Suorite</b>	<b>Ero</b>
<b>Tulevat kuljetukset</b>	<b>(1000 t)</b>	<b>(1000 t / %)</b>	<b>(miljoonaa tkm.)</b>	<b>(milj.tkm / %)</b>
Leskinen 1998	63 713	1 811	9 632	16 332
Järveläinen 2008	61 902	2,8 %	25 964	169,6 %
Järveläinen 2008*	61 902	2,8 %	11 912	23,7 %
	<b>Määrä</b>	<b>Ero</b>	<b>Suorite</b>	<b>Ero</b>
<b>Lähtevät kuljetukset</b>	<b>(1000 t)</b>	<b>(1000 t / %)</b>	<b>(miljoonaa tkm.)</b>	<b>(milj.tkm / %)</b>
Leskinen 1998	40 001	2 252	73 959	22 476
Järveläinen 2008	42 253	5,3 %	51 483	-30,4 %
Järveläinen 2008*	42 253	5,3 %	12 418	-83,2 %

\* Tarkastelussa rajausta kuljetusketjuihin Suomen talousalueen sisäpuolella

Tuotekuljetusten osalta tässä tutkimuksessa ollut kuljetusmäärä on hieman yli kaksi miljoonaa tonnia Leskisen tutkimusta suurempi. Ero selittyy massakuljetusten kasvuna.

Sellua vietiin 2,3 miljoonaa tonnia vuonna 2008 ja tämän lisäksi 1,6 miljoonaa tonnia kuljetettiin kotimaassa tuotantolaitosten välillä. Aiemman tutkimuksen mukaan sellua kuljetettiin vuonna 1998 yhteensä vajaa kaksi miljoonaa tonnia vähemmän. Muissa tuoteryhmissä erot tutkimusten välillä eivät ole merkittäviä.

**Kuljetussuoritteessa** on havaittavissa merkittäviä eroja tutkimusten välillä. Tämä johtuu pääasiassa eroavaisuuksista raaka-aineiden ja tuotteiden kuljetusketjun tarkastelussa. Raaka-ainekuljetusten osalta suurin ero tutkimusten välillä syntyy siitä, että tässä tutkimuksessa ulkomaisen hakkeen ja kaoliinin kuljettaminen on otettu tarkasteluun lähtömaastaan saakka. Tarkastelutavan eroavaisuus aiheuttaa raaka-ainekuljetusten kuljetussuoritteeseen yli 11 miljoonan tonnikilometrin eroavaisuuden. Myös tuontiraakapuun laivakuljetus on uudemmassa tutkimuksessa otettu huomioon lähtösatamasta saakka. Tarkastelutavan muutoksen aiheuttama lisäys tämän tutkimuksen raaka-aineiden kuljetussuoritteeseen on vajaat neljä miljoonaa tonnikilometriä. Käytetyissä kuljetusetäisyyksissä muutokset eivät ole merkittäviä. Raakapuun ja hakkeen osalta kotimaan kuljetusetäisyydet ovat kasvaneet kymmenessä vuodessa noin 12 %, mikä aiheuttaa suuresta volyymista johtuen vajaan miljoonan tonnikilometrin eron tarkastelujen välillä. Toisaalta muiden raaka-aineryhmien osalta tällaista kuljetusetäisyyden kasvamista ei tutkimusten välillä ollut havaittavissa.

Tutkimusten välillä havaittava tuotekuljetusten kuljetussuoritteen ero (taulukko 7.3) on myös selitettävissä eroavaisuuksilla kuljetusketjun rajauksissa. Leskinen oli tutkinut omassa diplomityössään myös feeder-satamien jälkeen suoritettavia kuljetuksia aina määränpääsatamiin asti. Näin tarkasteltaessa keskikuljetusmatkat ovat Leskisen vuoden 1998 kuljetuksia tarkastelevassa työssä 500 – 1500 kilometriä pidemmät tärkeimmissä tuoteryhmissä. Pelkästään paperi- ja kartonkikuljetusten kohdalla 1500 kilometrin ero keskikuljetusmatkassa aiheuttaa kuljetussuoritteeseen noin 17,5 miljoonan tonnikilometrin eron. Yhteensä tutkimusten väliset eroavaisuudet paperi- ja kartonki-, sahatavara-, sellu- ja levytuotteiden tarkastelutavoissa aiheuttavat yli 21 miljoonan tonnikilometrin eron. Kuljetussuorite-ero syntyy meriliikenteessä.

Kun tarkastellaan vain Suomen talousalueen sisäpuolella tapahtuvia kuljetuksia, saadaan tutkimusten esittämät kuljetussuoritemäärät raaka-ainekuljetusten osalta lähemmäs toisiaan. Toisaalta Leskisen tutkimuksessa selvitetty feeder-satamien jälkeinen liikenne kärjistää eroa tuotekuljetuksissa verrattuna pelkästään kotimaan rajojen sisällä tapahtuneisiin kuljetuksiin.

Taulukossa 7.3 on esitetty metsäteollisuuden kuljetusten aiheuttamat kokonaispäästöt tärkeimpien päästökomponenttien osalta tarkasteluvuosina 1998 ja 2008. Useassa komponentissa on havaittavissa merkittävää eroa tutkimusten välillä. Erityisesti hiilimonoksidi- (-86 %) ja hiilivetyypäästöt (-91 %) ovat tässä tutkimuksessa paljon aiempaa tutkimusta pienemmät. Näiden komponenttien osalta kehitys on ollut suurta. Osa havaituista eroista voidaan selittää kuljetussuoritemäärien erolla (Leskisen tutkimuksessa kuljetussuorite kahdeksan prosenttia suurempi), mutta tarkemman analyysin tekeminen vaatii lähtödatan selvittämistä. Taulukossa 7.4 on luetteloitu tutkimuksissa käytettyjä yksikköpäästökertoimia tärkeimpien kuljetusvälineiden osalta.

**Taulukko 7.3** *Saatuja tuloksia metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksesta.*

<b>Tulevat</b>						<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Energia</b>	<b>Polttoa.</b>
<b>kuljetukset</b>	<b>CO (t)</b>	<b>HC (t)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (t)</b>	<b>PM (t)</b>	<b>SO<sub>2</sub> (t)</b>	<b>(1000 t)</b>	<b>(TJ)</b>	<b>(1000 l)</b>
Leskinen 1998	2 224	902	6 675	649	507	449	6 062	168 925
Järveläinen 2008	618	188	10 374	264	2 125	676	9 251	243 165
Järveläinen 2008*	463	155	6 150	111	603	497	6 816	183 961
<b>Lähtevät</b>						<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Energia</b>	<b>Polttoa.</b>
<b>kuljetukset</b>	<b>CO (t)</b>	<b>HC (t)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (t)</b>	<b>PM (t)</b>	<b>SO<sub>2</sub> (t)</b>	<b>(1000 t)</b>	<b>(TJ)</b>	<b>(1000 l)</b>
Leskinen 1998	3 711	1 937	70 033	1 856	45 088	2 659	34 966	1 007 772
Järveläinen 2008	1 677	364	43 640	1 701	17 147	2 037	25 540	653 171
Järveläinen 2008*	355	92	8 008	296	2 849	424	5 588	136 441
<b>Kuljetukset</b>						<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Energia</b>	<b>Polttoa.</b>
<b>yhteensä</b>	<b>CO (t)</b>	<b>HC (t)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (t)</b>	<b>PM (t)</b>	<b>SO<sub>2</sub> (t)</b>	<b>(1000 t)</b>	<b>(TJ)</b>	<b>(1000 l)</b>
Leskinen 1998	5 935	2 839	76 708	2 505	45 595	3 108	41 028	1 176 697
Järveläinen 2008	2 295	552	54 014	1 966	19 272	2 713	34 791	896 336
Järveläinen 2008*	817	247	14 158	407	3 452	921	12 404	320 402

\* Tarkastelussa rajausta kuljetusketjuihin Suomen talousalueen sisäpuolella

Leskinen oli ottanut tutkimukseensa yksikköpäästökertoimia useasta eri lähteestä. Vaikka VTT:llä oli jo silloin päästöarvoja kuljetusvälineille, kaikkien kuljetusvälineiden yksikköpäästökertoimille ei ollut yhteistä koottua tietokantaa. Tässä tutkimuksessa on käytetty vain VTT:n tutkimuksiin perustuvan Lipaston yksikköpäästökertoimia.

**Taulukko 7.4** *Metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituslaskennassa käytettyjä yksikköpäästökertoimia, Leskinen 1998 / Järveläinen 2008.*

	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
<b>Puuautot keskiarvo</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>
Leskinen 1998	0,222	0,082	0,598	0,067	0,048	68,242
Järveläinen 2008	0,054	0,014	0,071	0,005	0,000	80,053
Muutos 1998/2008	-75,6 %	-83,3 %	-88,1 %	-92,8 %	-99,3 %	17,3 %
<b>Junakuljetus keskiarvo</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>
Leskinen 1998	0,046	0,048	0,343	0,008	0,019	20,524
Järveläinen 2008	0,031	0,013	0,223	0,005	0,006	14,038
Muutos 1998/2008	-32,3 %	-72,5 %	-34,8 %	-33,7 %	-69,0 %	-31,6 %
<b>Irtolastialus keskiarvo</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>
Leskinen 1998	0,027	0,015	0,598	0,016	0,36	21,78
Järveläinen 2008	0,013	0,003	0,36	0,013	0,12	16,00
Muutos 1998/2008	-51,9 %	-80,0 %	-39,8 %	-18,8 %	-66,7 %	-26,5 %
<b>Roro-alus keskiarvo</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>	<b>(g/tkm)</b>
Leskinen 1998	0,045	0,026	1,078	0,028	0,37	38,61
Järveläinen 2008	0,034	0,007	0,85	0,036	0,37	41,00
Muutos 1998/2008	-24,4 %	-73,1 %	-21,2 %	28,6 %	0,0 %	6,2 %



Taulukossa 7.4 esitettyjen yksikköpäästökertoimien arvojen voidaan havaita pienentyneen kymmenessä vuodessa merkittävästi. Ainoan poikkeuksen muodostaa hiilidioksidi, joka varsinkin tie- ja osin meriliikenteessä on pysynyt samana tai jopa hieman kasvanut. Rautatiekuljetusten hiilidioksidin päästöarvon pieneneminen johtuu sähkövedon lisääntymisestä, ei niinkään moottoritekniikan parantumisesta dieseljunissa.

Varsinkin kuorma-autoliikenteessä voidaan havaita merkittävää pienentymistä päästömäärissä. Tämä johtuu ympäristömääräysten kiristymisestä tieliikenteessä käytetyssä moottoritekniikassa. Lisäksi kuorma-autokannan uusiutumisnopeus on suurempi kuin muilla kuljetusvälineillä. Kun vuonna 1998 kuorma-autot olivat päästönormeiltaan pääasiassa EURO1- ja EURO2-tasoa, ei tässä tutkimuksessa näiden luokkien laskennoissa käytetty kuljetussuorite ollut enää kuin yhteensä kuusi prosenttia kokonaissuoritteesta. Liitteessä 20 on taulukoituna tässä tutkimuksessa käytetyt yksikköpäästökertoimet. Niistä voidaan havaita kuorma-autoliikenteen yksikköpäästökertoimissa tapahtunut suuri pudotus. Rikkidioksidin muita suurempi pudotus johtuu siitä, että vuodesta 2004 dieselpolttoaine on ollut rikitöntä (rikkipitoisuus alle kymmenen milligrammaa kilossa polttoainetta).

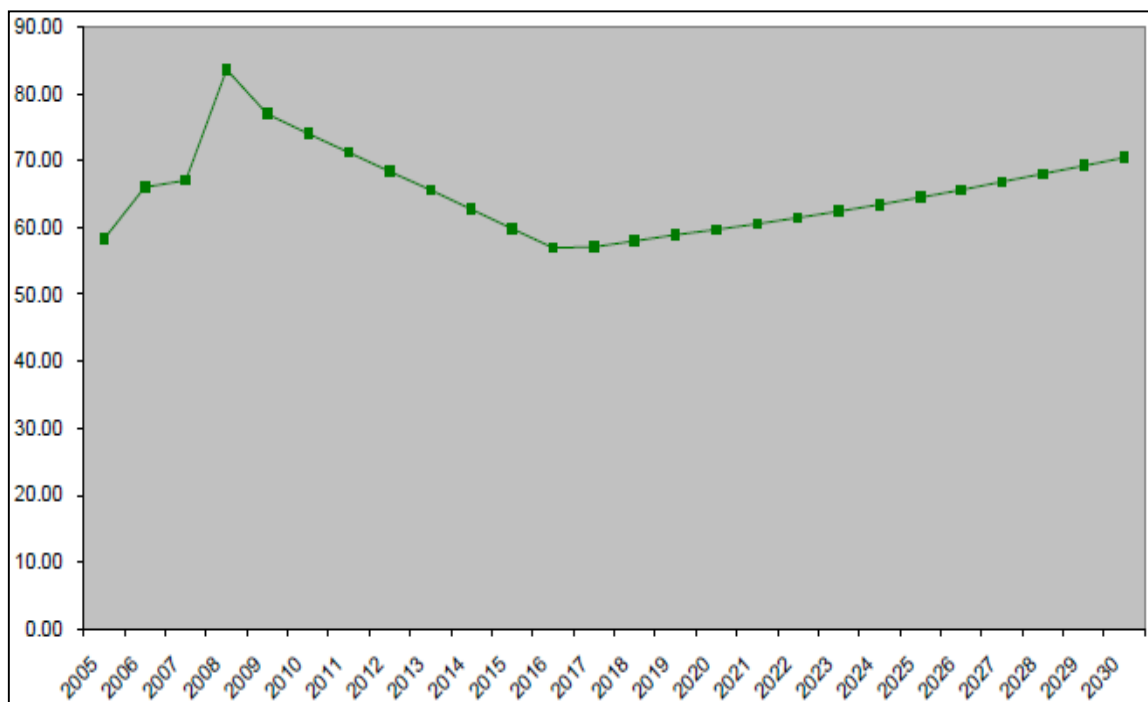
## **7.5 Tulevaisuuden skenaariot metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksen kehityksestä**

Tutkimuksen lopuksi on luotu metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitusten ja energiankulutuksen osalta tulevaisuuden skenaariot. Skenaariot on luotu laskemalla päästömäärien ja energian kulutuksen kehittyminen ja arvioitu mahdollisuuksia näiden vähentämiseen. Lisäksi tavoitteena on tutkia, millaiset tekijät nousevat tulevaisuudessa merkittäviksi metsäteollisuuden kuljetusten kannalta. Toisin kuin muussa osassa tutkimusta, joka perustuu vuoden 2008 dataan, skenaarioiden mallintamisessa käytetään mahdollisuuksien mukaan uusimpia, vuosilta 2009 ja 2010 tehtyjä tutkimuksia ja ympäristöystävällisyyteen tähtääviä päätöksiä. Tällä pyritään lisäämään skenaarioiden tarkkuutta, koska olosuhteet ovat muuttuneet viime vuosina hyvin nopeasti.

Jotta tulevaisuuden skenaarioita pystytään luomaan, on niille luotava viitekehys – ympäristö, jossa määritellään kyseisen skenaarion pysyvät ja muuttuvat tekijät. Tekijät ovat luonteeltaan sellaisia, että niiden vaikutus skenaarion lopputulokseen on laskettavissa. Kun osa tekijöistä määritellään pysyviksi, on helpompi tutkia muuttuvien tekijöiden vaikutusta lopputulokseen. Yksi hyvin hankalasti arvioitava muuttuva tekijä on institutionaalisten toimijoiden (esimerkiksi valtiot ja EU) käyttämät poliittiset ohjaukset esimerkiksi verotuksen avulla. Ohjauksella on usein vaikutusta kuljetusmuotojakaumaan ja käytettyyn polttoaineeseen. Tästä syystä skenaarioissa tämän tekijän vaikutusta ei ole huomioitu ennalta tiedettyjä muutoksia lukuun ottamatta.

Kuvan 7.10 ennusteen mukaisesti öljyn hinta kasvaa trendin omaisesti kasvavan vuodesta 2015 eteenpäin ollen tarkasteluajanjakson loppupuolella noin 20 prosenttia korkeampi kuin vuonna 2005. Tämä tarkoittaa, että EIA:n ennustama stabiilius öljyn hinnan kehityksessä takaisi myös kuljetusmäärien tasaisemman kehittymisen.

Öljyn hinta ei vaikuta pelkästään kuljetuskustannusten nousupaineena, vaan se vaikuttaa talouteen yleisemmin esimerkiksi kasvattamalla inflaatiota. Polttoaineen taloudellisuuden parantuminen uusien automallien markkinoille tulon myötä vähentää ennusteiden (VTT, Lipasto/ TENconnect) mukaan 0,5 – 1,5 prosenttia kulutusta suoritteeseen nähden. Ennusteiden toteutuminen on kuitenkin hyvin epävarmaa, sillä öljyn hinnan ennakoiminen on osoittautunut useasta syystä haastavaksi. [34, 32 s. 27]



**Kuva 7.10** Vähärikkisen raakaöljyn hinnan ennustettu kehitys 2005-2030; EIA:n ennuste 2008, yksikkö dollaria barrelilta. [32 s.51]

Skenaariolaskelmissa polttoaineiden bio-osuuden lisääntyminen vähentää hiilidioksidipäästöjä suoraan polttoaineeseen lisätyn biokomponentin prosenttiosuuden verran. Laskelmissa polttoaineen bio-osuuden oletetaan olevan senhetkisen velvoitteen mukainen. Liikennepolttonesteiden bio-osuus on määrätty Euroopan parlamentin päätöksellä direktiivin 2003/30/EY mukaisesti, josta Suomen eduskunta on hyväksynyt laissa ”biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä” (446/2007). Tutkimuksen tekohetkellä (tammikuu 2011) biokomponentin osuus myydyistä polttonesteistä tulee olla 5,75 tilavuusprosenttia ja osuuden on määrä nousta 20 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Hankalaksi biokomponenttien todellisen määrän arvioinnin yhdessä tuotteessa esimerkiksi dieselöljyssä tekee se, että velvoite biokomponentin osuudelle on polttoainejakelijakohtainen. Polttoaineketjut ovat toistaiseksi olleet haluttomia ilmoittamaan polttoainelaatujen biokomponenttiosuudet. Dieselöljyn biokomponentille ei erikseen ole määrätty minimi- tai maksimiosuuksia.

Kuljetuskustannusten ennustetaan tulevaisuudessa kasvavan energian hinnan nousun ja uusien polttoaineiden sekä uuden tekniikan käyttöönoton myötä. Huoli ilmastonmuutoksen kehityksestä pitää myös liikennepäästöjen vähennystarvetta esillä.

Ympäristön näkökulmasta eniten kuormittaviin liikennemuotoihin, eli lentoliikenteeseen ja tie- ja merikuljetuksiin kohdistuu suurin kuljetushintojen korotuspaine. EU:n tasolla sisävesi- ja rautatiekuljetuksiin ei ole ennakoitu rahtihintoihin liittyvää korotuspainetta, johtuen niiden ympäristöystävällisyydestä sekä osittain vapaasta kapasiteetista infrastruktuurin osalta. Herkkyystesteillä voidaan selvittää kuljetushintojen muutosten vaikutusta kuljetusmuotojakaumaan. Suomen maantieteellisen aseman takia suuri osa viennistä kuljetettaneen tulevaisuudessa aluksin, mutta maan sisäiseen liikenteeseen hintojen muutoksella olisi vaikutusta. [32 s. 59]

Taulukossa 7.5 on jaoteltu muuttujia, jotka vaikuttavat kuljetusmääriin ja sitä kautta kuljetusten ympäristökuormitukseen. Pysyvien muuttujien vaikutusta ei näissä skenaariomalleissa arvioida, vaikka niillä oma vaikutuksensa ympäristökuormitukseen onkin. Vaihtuvissa muuttujissa olevia yksittäisiä tekijöitä, kuten massoihin ja ajotapaan vaikuttavia tekijöitä, voidaan niputtaa kuljetuksen energiatehokkuuden osatekijöiksi. Energiatehokkaaseen kuljettamiseen kuuluu edellä mainittujen lisäksi monia muita vaikutukseltaan pieniä tekijöitä.

**Taulukko 7.5** *Skenaarioissa käytetyt muuttujat.*

<b>Pysyvät muuttujat</b>	<b>Vaihtuvat muuttujat</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metsäteollisuuden tuotantomäärät</li> <li>• Markkinoiden kehitys</li> <li>• Valtiovallan ohjausvaikutus</li> <li>• Liikenneinfrastruktuuri (tiestö, meriliikenneinfrastruktuuri)</li> <li>• Kuljetusten hinnat vientiliikenteessä</li> <li>• Kuljetusmuotojakaumat</li> <li>• Kuljetusetäisyydet vientimarkkinoille</li> <li>• Kuljetusvälineistön uusiutumisenopeus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuljetusvälineiden massat</li> <li>• Uudet tuotteet ja innovaatiot metsäteollisuudessa</li> <li>• Liikenneinfrastruktuuri (rautateiden akselimassat ja sähkövedon lisääntyminen)</li> <li>• Yksikköpäästökertoimet (osassa kuljetusmuotoja)</li> <li>• Uudet polttoaineet ja pakokaasujen puhdistusratkaisut</li> <li>• Innovaatiot kuljetustekniikassa</li> <li>• Kuljettajien ajotapa.</li> </ul>

### **7.5.1 ”Tuotantomäärät ja tuotannon rakenteet stabiileja” -skenaariomalli**

Ensimmäiseksi tarkastellaan mallia, jossa tuotantomääriin ja tuotannon rakenteeseen ei tehdä tarkasteluvuoteen verrattuna muutoksia. Englanniksi tällaista perusskenaariota kutsutaan yleisesti ”Business as usual” -skenaarioksi. ”Business as usual” -skenaariomallilla tarkoitetaan, että vaihtuvien muuttujien vaikutus on rajattu mahdollisimman pieneksi ja vain sellaisten muuttujien vaikutus on otettu huomioon, jotka etukäteen tiedetään tapahtuvan. Tällaisen mallin tehtävänä on luoda pohja vaihtoehtomalleille, sillä todellisuudessa markkinatilanne on tuskin koskaan staattinen.

Pidempää aikajaksoja tarkasteltaessa tuotannossa, markkinoissa ja infrastruktuurissa tapahtuu oletettavasti suuriakin muutoksia teollisuudenalasta riippumatta. Mallissa oletetaan, että markkinatilanne pysyy maailmalla samalla tasolla nykyisen tilanteen kanssa tai kehitys on tietyn ennakoitavissa olevan trendin mukaista. Tekniikan kehitys on korkeintaan inkrementaalista eli maltillista. ”Business as usual” -mallia käyttää liikenteen ympäristökuormituksen arvioinnissa VTT, sillä Suomen liikenteen pakokaasupäästöt seuraavat sen tulevaisuuden ennusteissa trendinomaisen kehityksen jatkumista. VTT ei siis spekuloi suurilla muutoksilla pakokaasupäästöjen kehityksessä.

Kun suurin osa muuttujista rajataan tarkastelun ulkopuolelle ja metsäteollisuuden tuotantomääriin ei oleteta muutoksia, ympäristökuormituksen kehitys perustuu Lipaston ennustamille muutoksille yksikköpäästökertoimissa aikavälillä 2010 – 2030 ja tieliikenteessä tiedettyjen EURO-normien muutoksille (taulukko 3.4). Kun tarkastellaan eteenpäin lähes 20 vuoden periodia, aikataulu polttoaineen biokomponentin lisääntymiselle on epävarma. Lisäksi biopolttoaineiden penetroituminen markkinoille ei vielä tarkoita sitä, että sen hetkinen biokomponenttiosuus olisi käytössä dieselpolttoaineessa (taulukko 7.6). Edellä mainituista tekijöistä huolimatta, myös biopolttoaineiden vaikutusta tieliikenteessä on arvioitu.

**Taulukko 7.6** ”Business as usual” -mallin lailla säädetty muuttujat pakokaasupäästöihin. [38; 39; 73]

Kuljetusmuoto:	Muuttuja:	Vaikutus:	Voimaantulo:
Tieliikenne	EURO 5	NOx: -43 %	10/2009
Tieliikenne	EURO 6	HC: -72 %; NOx: -80 %	1/2014
Meriliikenne	Rikki, Itämeri 1	SOx: -50 %	7/2010
Meriliikenne	Rikki, Itämeri 2	SOx: -90 %	1/2015
Meriliikenne	Rikki, muut meret 1	SOx: -22 %	1/2012
Meriliikenne	Rikki, muut meret 2	SOx: -86 %	1/2020 (aikaisintaan)
Meriliikenne	Typpi, uudet alukset 1	NOx: -20 %	1/2011
Meriliikenne	Typpi, uudet alukset 2	NOx: -75 %	1/2016
Biopoltto.*	EU:n velvoite 1	CO <sub>2</sub> : -4 %	1/2010
Biopoltto.*	EU:n velvoite 2	CO <sub>2</sub> : -6 %	1/2011
Biopoltto.*	Suomen tavoite 1	CO <sub>2</sub> : -8 % - 18 %	vuosittain 2014-2019
Biopoltto.*	Suomen tavoite 2	CO <sub>2</sub> : -20 %	1/2020
* ei koske suoraan dieselpolttoainetta vaan kaikkia polttonesteitä, joten vaikutus ei ole täysimääräinen CO <sub>2</sub> -päästöissä. Laskuissa käytetty Lipaston biokomponenttiosuutta dieselille.			

Tällä hetkellä suurella varmuudella ennakoitavat muutokset pakokaasupäästöjen sääntelyn suhteen ovat tieliikenteessä EURO-normien kehittyminen ja sen mukana tieliikenteen ympäristökuormituksen vähentyminen. EURO 5 -normin käyttöönotto tapahtui lokakuussa 2008 ja EURO 6 astuu voimaan vuonna 2013 (taulukko 7.6).

Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO teki vuonna 2008 päätöksen, jonka mukaan laivapolttoaineiden rikkipitoisuuden enimmäismäärä Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin erityisalueilla laskee asteittain 0,1 %:iin vuoteen 2015 mennessä. Maailmanlaajuisesti enimmäisraja laskee 0,5 %:iin vuonna vasta 2020 tai 2025, polttoaineen saatavuudesta riippuen. Myös typen oksidipäästöjä pyritään asteittain vähentämään meriliikenteessä, mutta typenvähennysvelvoite koskee uutena asennettuja laivamootoreita. [73] Rautatieliikenteessä ei vastaavia velvoitteita ole asetettu.

Taulukon 7.6 muuttujien lisäksi skenaarion perusvuoden ja tutkimuksen tarkasteluvuoden 2008 jälkeen on tiedossa vuoden 2009 ja 2010 metsäteollisuuden tuotantoluvut. Metsäteollisuuden tuotanto on otettu skenaarioissa huomioon siten, että tuotannon muutokset edelliseen vuoteen verrattuna (vuosi 2009: -20 % ja vuosi 2010: +12 %) vaikuttavat kuljetussuoritteeseen vastaavan määrän [47]. Vuonna 2011 metsäteollisuuden tuotannon arvioidaan olevan vuoden 2008 tasolla ja pysyvän skenaarion ehtojen mukaisesti sillä tasolla tarkastelun loppuun asti.

Taulukkoon 7.7 on koottu laskennan tulokset metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksen osalta, silloin kun muuttujat ovat taulukon 7.6 kaltaiset. Kuljetusvälineistön uusiutumismnopeus on sama kuin nykyisin metsäteollisuudessa, joten vaikutus pakokaasukomponenttien määrässä näkyy viiveellä.

**Taulukko 7.7** *Perusskenariomallin mukainen ennuste metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksen kehittymisestä 2008-2027.*

Vuosi	CO (tonnia)	HC (tonnia)	NOx (tonnia)	SO <sub>2</sub> (tonnia)	CO <sub>2</sub> (tonnia)	Polttoaine (1000 litraa)	Energia (PJ)
<b>2008</b>	<b>2 295</b>	<b>552</b>	<b>54 014</b>	<b>19 272</b>	<b>2 713 040</b>	<b>896 336</b>	<b>34,8</b>
2009	1 836	439	43 159	15 418	2 170 432	717 069	27,8
2010	2 056	486	47 903	14 678	2 430 884	803 117	31,2
2011	2 295	541	52 910	12 527	2 698 390	896 336	34,8
2012	2 295	540	51 504	11 320	2 698 390	896 336	34,8
2013	2 295	539	50 840	11 320	2 698 390	896 336	34,8
2014	2 295	537	50 097	11 320	2 693 506	896 336	34,8
2015	2 295	531	49 363	5 708	2 688 623	896 336	34,8
2016	2 295	523	47 568	5 708	2 683 739	896 336	34,8
2017	2 295	518	46 252	5 708	2 678 856	896 336	34,8
2018	2 295	510	44 588	5 708	2 673 972	896 336	34,8
2019	2 295	506	42 783	5 708	2 669 089	896 336	34,8
2020	2 295	504	41 036	1 218	2 664 205	896 336	34,8
2021	2 295	502	39 290	1 218	2 664 205	896 336	34,8
2022	2 295	502	37 700	1 218	2 664 205	896 336	34,8
2023	2 295	502	36 109	1 218	2 664 205	896 336	34,8
2024	2 295	502	36 305	1 218	2 664 205	896 336	34,8
2025	2 295	502	34 519	1 218	2 664 205	896 336	34,8
2026	2 295	502	32 929	1 218	2 664 205	896 336	34,8
2027	2 295	502	31 144	1 218	2 664 205	896 336	34,8
Muutos	0 %	-10 %	-73 %	-1482 %	-2 %	0 %	0 %

Perusskenaariossa muutokset ovat pääasiassa maltillisia - ainoastaan typen oksidien sekä rikkidioksidin kohdalla voidaan havaita merkittävää vähenemistä perusvuoteen 2008 verrattuna. Suuri muutos johtuu etenkin jo sovitusta meriliikenteen pakokaasupäästöjen vähennyksistä. Koska suomalainen metsäteollisuus käyttää viennissään aluskuljetuksia, muutokset näkyvät selvästi taulukossa 7.7.

Hiilimonoksidin, polttoaineen kulutuksen ja kuljetuksiin käytettävän energian määrä tulee pysymään samana perusvuoteen verrattuna. Tämä johtuu siitä, että perusskenaariossa arvioidaan, ettei ole tulossa muutoksia jotka voisivat näitä tekijöitä vähentää. Lipaston ennustetut yksikköpäästökertoimet tukevat edellä mainitun kaltaista muuttumattomuutta näiden tekijöiden osalta. [74 s. 56]

Perusskenaario kuvaa hyvin sitä, että mikäli mitään muutoksia kuljetusvälineiden toiminnan tehostamiseksi ja haitallisten komponenttien vähentämiseksi ei tehdä, ei myös mitään kehitystä saavuteta. Vaikka biopolttoaineiden käyttö hiilidioksidikuormaa vähentää, sillä ei ole vaikutusta polttoaineen kulutukseen. Polttoaineiden litramääräinen kulutus saattaa jopa hieman kasvaa biokomponentin johdosta. Muiden päästökomponenttien kuin hiilidioksidin vähentymiseen biopolttoaineen avulla ei ole näyttöä, eikä vaikutusta ole otettu huomioon näiden komponenttien laskelmissa.

### **7.5.2 ”Kuljetusten energiatehokkuuden kasvaminen” -skenaariomalli**

Tässä mallissa tutkitaan, miten kuljetusten energiatehokkuuden kasvattaminen yhdessä edellisen skenaarion pakokaasupäästörajoitusten kanssa vaikuttaa metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitukseen. Apuna tämän skenaarion luomisessa käytetään liikenneviraston kesällä 2010 julkaisemaa tutkimusta ”Raakapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli”. Kyseessä on Ramboll Finland oy:n ja Metsäteho oy:n yhteistyössä suorittama tutkimus raakapuuvirtojen tehostamisesta lineaarisen optimoinnin avulla todelliseen tarjontaan ja kysyntään perustuen. Optimoinnin pohjalta on tehty kaksi skenaariomallia tehokkaasta raakapuun kuljetusjärjestelmästä, joista tässä tutkimuksessa käytetään perusskenaariota. Tutkimus kattaa lähes puolet syntyneestä raakapuun ja hakkeen kuljetussuoritteesta koskien kotimaisia raakapuukuljetuksia.

Optimoinnin tuloksena tiekuljetusten keskikuljetusmatka on lyhentynyt tässä tutkimuksessa käytetystä 93 kilometristä 56 kilometriin, eli lähes 40 %. Vesitiekuljetuksissa keskikuljetusmatka optimoinnin tuloksena on pienentynyt 252 kilometristä 195 kilometriin (noin 23 %). Rautatiekuljetusten kohdalla keskikuljetusmatkan lyhenemä optimoituna oli vain 5 %. Tämä johtuu siitä, että ”Raakapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli” oli tehty kustannusten ei kuljetusetäisyyksien optimoimiseksi. Optimoinnin mukainen raakapuun junakuljetusten malli vaatisi investointeja rataverkkoon pullonkaulojen takia. Kuljetusmuotojakauma muuttuisi optimoinnin tuloksena vain hyvin vähän vuoden 2008 tilanteeseen verrattuna: tiekuljetuksista siirtyisi kolme prosenttiyksikköä rautatiekuljetuksille. [75 ss. 24-28]

Raakapuun maantiekuljetuksissa on olemassa kokeiluja jopa 90 tonnin yhdistelmäpainojen käyttämisestä. Pohjois-Ruotsissa tietyillä alueilla on kokeiltu suuria kokonaispainoja energiatehokkuuden ja kuljetuskustannusten pienentämiseksi.

”En Trave Till” (= lisänippu) projektissa kuljettaminen moduuliyhdistelmämittaisella ja 74 tonnin massaa käyttävällä puuautolla on mahdollistunut tietyin edellytyksin. [75]

Tähän malliin sisällytetään kuljettajien ajotavan kehittymisen vaikutukset ympäristökuormitukseen. Vaikutuksen on arvioitu skenaariossa olevan 9,5 %. Arvio perustuu alkuperäislähteenä olevan Freight Best Practice – ohjelman tuloksiin, jota on käyttänyt tutkija Heikki Liimatainen tutkimuksissaan [71 s. 17]. Kuljettajien kouluttaminen viiden päivän verran on nykyisin pakollista viiden vuoden periodissa ammattitaidon ylläpitämiseksi. Koulutuksen pakollisena osana on ennakkoiva ajaminen.

Myös tieliikenteessä käytettävien ajoneuvojen kuljetustehtävään optimoiminen on Freight Best Practice – ohjelman arvio säästöpotentiaalista kuljetuksissa. 20 %:n säästöpotentiaali pitää sisällään energiatehokkaat renkaat (5 %), ilmanohjainten vaikutuksen (yhteensä 9 %), vetoauton ja perävaunun välin pienentäminen (4 %) ja synteettisen moottoriöljyn vaikutuksen (2 %). Vaikka edellä mainitut muutokset eivät ole suuria toteuttamiseltaan, on voimaantuloaika arvioitu 10 vuoden mittaiseksi.

Myös rautatieliikenteen osalta voidaan kuljetusten energiatehokkuutta kasvattaa. Skenaariossa on otettu huomioon junien akselipainojen kasvattaminen 25 tonniin sekä ratojen sähköistämisen osalle niistä rataosuuksista, missä raakapuun kuljetuksia suoritetaan. Akselipainojen kasvattaminen 25 tonniin nostaisi maksimikuormamäärää 22,5 tonnin akselipainoihin verrattuna noin kymmenen tonnia, joka vastaa täysimääräisesti hyödynnettynä 15 % lisää kuormaa. Raakapuun ja hakkeen rautatiekuljetuksissa dieselvedon osuus vuonna 2008 oli hieman yli 70 %. Mikäli ratojen sähköistämisen ansiosta sähkövedon osuudeksi tulisi 50 %, vetotavan muutos vähentäisi junakuljetusten ympäristökuormitusta 20 prosenttiyksikköä. Vähennys tapahtuisi dieselvedon ympäristökuormituksen osuudesta, mutta vetotavan muutos ei vaikuttaisi kuljetusten energiankulutukseen. Rautatieliikenteessä infrastruktuurin muutosajat ovat kuitenkin pitkät ja edellä esitettyjen muuttujien osalta muutoksen on arvioitu kestävän koko skenaarion tarkasteluajan.

Johtuen meriliikenteen suuresta roolista metsäteollisuuden vientikuljetuksissa, sillä on suuri potentiaali ympäristökuormituksen vähentämisessä sekä energiatehokkuuden parantamisessa. Laivojen kuormapainojen kasvattamisella Itämeren liikenteessä on kuitenkin rajansa johtuen Tanskan salmien syvyydestä. Kuormapainojen kasvattaminen ei siis infrastruktuurista johtuen ole aina mahdollista. Merikuljetus on tämän tutkimuksen mukaan energiatehokas kuljetusmuoto, mutta myös sen piirissä on olemassa ohjelmia, jotka tähtäävät energiatehokkuuden kehittämiseen. Koska meriliikenne on kansainvälinen kuljetusmuoto, vaativat toimet energiatehokkuuden kehittämiseksi kansainvälistä yhteistoimintaa meriliikenteen toimijoiden kesken. Tehokkuutta merikuljetuksissa voidaan kasvattaa tehokkaalla kuljetustenohjauksella, optimoimalla aluskokoja ja kuljetusreittejä sekä nopeuksia laskemalla. Meriliikenne poikkeaa muista kuljetusmuodoista, sillä siinä aluksen omistaja ja operaattori eivät usein ole sama taho. Tämän vuoksi toimijoiden tavoitteet saattavat olla ristiriidassa alusten energiatehokkuuden suhteen. Alusten tekninen kehittyminen on hidasta myös siksi, että telakat ovat kilpailutilanteesta johtuen minimoineet alusten rakentamiskulut.

Alusten teknisen kehittymisen ja kuljetusreittien optimoimisen vaikutus on arvioitu olevan 10 % päästöistä. Vaikutus on jaettu tasaisesti koko tarkastelujaksolle. [66]

Metsäteollisuus kehittää uusia tuotteita, joista yksi todennäköinen vaihtoehto on biodieselin valmistaminen. Laitoksia on kaavailtu Suomeen kolme. Laitosten sijainneista ei ole tehty vielä päätöksiä, joten tehtaiden generoimat raaka-aine- ja tuotekuljetukset eivät ole vielä selvillä. Raaka-aineenaan tehtaat käyttävät metsäenergiapuuta, joka tuotaisiin lähialueiden hakkuualueilta. Hankkeista on tehty tai valmisteilla YVA menettelyn mukaiset selvitykset. [77] Koska näiden biodiesellaitosten valmistumisen tekijät, kuten määrä, koko ja aikataulu, ovat vielä epäselviä, ei niiden toiminnasta aiheutuvia kuljetusvirtoja ole mukana tässä skenaariossa. Aikaisintaankin valmistuneiden laitosten täysimääräisen toiminnan aiheuttamat kuljetusvirrat näkyisivät skenaarion loppupuolelle noin vuodesta 2020 eteenpäin. Esimerkiksi NesteOilin Kilpilahdessa sijaitsevaa biodiesellaitosta rakennettiin vielä yli kolme vuotta Uudenmaan ympäristökeskuksen 17.5.2004 antaman YVA-lausunnon jälkeen. [64]

Taulukossa 7.8 on esitetty tähän skenaarioon vaikuttavia ja edellä esiteltyjä muuttujia. Erikseen niin mainitut optimointimuuttujat koskevat vain raakapuun kuljetuksia. Myös taulukon 7.6 muuttujat on otettu huomioon tässä skenaariossa.

**Taulukko 7.8 ”Kuljetusten energiatehokkuus”-mallin muuttujat pakokaasupäästöihin.**

Kuljetusmuoto:	Muuttuja:	Vaikutus:	Voimaantulo:
Tieliikenne	Maksimimassa 74 t.	Kaikki komponentit: -20 %	2012-2015
Tieliikenne	Raakapuukulj. optimointi	Kaikki komponentit: -39 %	2012
Tieliikenne	Kuljettajien koulutus	Kaikki komponentit: -9,5 %	2012-2015
Tieliikenne	Ajoneuvojen optimointi	Kaikki komponentit: -20 %	2012-2022
Tieliikenne	Nopeudenrajoitin 80 km/h	Kaikki komponentit: -4 %	2012
Rautatieliikenne	Akselimassa 25 t.	Kaikki komponentit: -15 %	2012-2027
Rautatieliikenne	Ratojen sähköistytminen	Kaikki komponentit: -20 %	2012-2027
Rautatieliikenne	Raakapuukulj. optimointi	Kaikki komponentit: -5 %	2012-2022
Vesiteliikenne	Raakapuukulj. optimointi	Kaikki komponentit: -23 %	2012
Meriliikenne	Optimointi/tekninen kehitys	Kaikki komponentit: -10 %	2012-2027

Taulukossa 7.9 on mallinnettu metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus 2008 - 2027, mikäli taulukon 7.8 mukaiset energiatehokkuuteen tähtäävät toimenpiteet tehtäisiin. On huomioitava, että esitetty päästömäärien alentuminen tapahtuu esitetyn suuruisena, mikäli muuttujien vaikutus toteutuu täysimääräisenä ja kuljetussuoritteet sekä kuljetusmuotojakauma vastaa vuoden 2008 tilannetta.

”Kuljetusten energiatehokkuus” - malli ennustaa jokaisen tarkasteltavan pakokaasukomponentin sekä polttoaineen ja energian määrän, vähenevän nykyiseen tilanteeseen verrattuna huomattavasti. Myös taulukossa 7.7 esiteltyyn perusskenaarioon verrattuna ympäristökuormitus vähenee merkittävästi. Ainoastaan jo perusskenaariossa pakokaasupäästöjen kiristymisen seurauksena vähentyneiden typpi- ja rikkioksidien muutos on tähän skenaarioon verrattuna maltillisempi (taulukko 7.9).



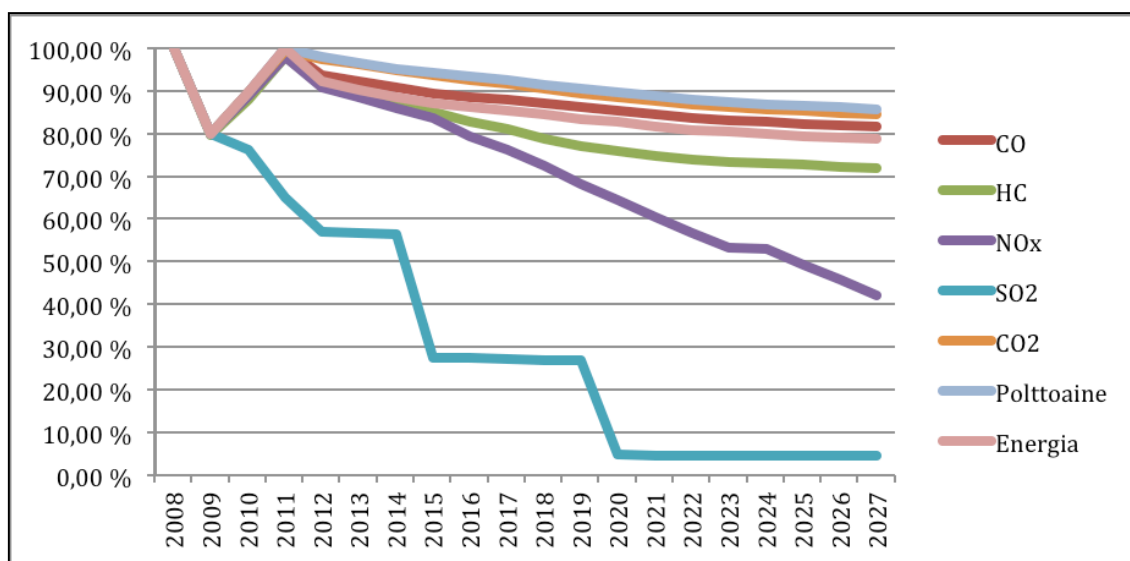
Merikuljetusten rooli ympäristökuormituksen pienentämisessä on suuri. Koska meriliikenne tuottaa valtaosan ympäristökuormituksesta, vähäinenkin kehitys energiatehokkuudessa ja polttoaineen kulutuksessa näkyy merkittävänä päästöjen alentumisena. Taulukosta 7.9 voidaan myös havaita, että polttoaineen kulutus laskee energian kulutusta hitaammin. Ilmiö on seurausta siitä, että ominaispainoltaan raskaampaa meriliikenteen käyttämää bunkkeriöljyn määrä vähenee tilastosta enemmän kuin sitä kevyemmän dieselöljyn. Lisäksi kuljetusjakauma siirtyy skenaarion loppua kohti hieman enemmän energiatehokkaampien kuljetusmuotojen käyttöön. Vaikka moni pakokaasukomponentti vähenee merkittävästi nykytilanteeseen verrattuna, ei polttoaineen kulutus ja samalla hiilidioksidipäästöt laskekaan yhtä paljon. Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen vaatii merkittävää energiatehokkuuden kasvamista tai korvaavia energiamuotoja fossiilisille polttoaineille. Hiilidioksidikuorman hieman suurempi vähenemä polttoaineen määrään verrattuna johtuu polttoaineen biokomponentin vaikutuksesta.

**Taulukko 7.9** ”Kuljetusten energiatehokkuus” -mallin mukainen skenario metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksen kehittymisestä 2008-2027.

Vuosi	CO (tonnia)	HC (tonnia)	NOx (tonnia)	SO <sub>2</sub> (tonnia)	CO <sub>2</sub> (tonnia)	Polttoaine (1000 litraa)	Energia (PJ)
<b>2008</b>	<b>2 295</b>	<b>552</b>	<b>54 014</b>	<b>19 272</b>	<b>2 713 040</b>	<b>896 336</b>	<b>34,8</b>
2009	1 836	439	43 159	15 418	2 170 432	717 069	27,8
2010	2 056	486	47 903	14 678	2 430 884	803 117	31,2
2011	2 295	541	52 910	12 527	2 698 390	896 336	34,8
2012	2 152	505	49 078	10 993	2 646 587	877 532	32,1
2013	2 116	494	47 770	10 913	2 611 666	865 194	31,4
2014	2 083	484	46 434	10 845	2 574 128	853 584	30,8
2015	2 052	470	45 124	5 304	2 542 695	844 455	30,3
2016	2 032	457	42 898	5 264	2 513 209	836 044	30,0
2017	2 016	447	41 218	5 230	2 486 761	828 598	29,7
2018	1 996	434	39 123	5 190	2 457 208	820 167	29,4
2019	1 976	425	36 888	5 149	2 427 738	811 761	29,1
2020	1 958	419	34 760	894	2 400 457	804 059	28,8
2021	1 941	413	32 607	886	2 377 042	796 014	28,5
2022	1 922	408	30 592	877	2 352 459	787 609	28,1
2023	1 909	405	28 695	870	2 338 563	783 154	28,0
2024	1 897	403	28 555	861	2 323 412	778 284	27,8
2025	1 888	401	26 525	855	2 312 407	774 749	27,6
2026	1 879	399	24 732	850	2 303 200	771 797	27,5
2027	1 871	397	22 743	845	2 294 009	768 849	27,4
Muutos	-23 %	-39 %	-137 %	-2180 %	-18 %	-17 %	-27 %
Muutos*	-12 %	-27 %	-96 %	-1893 %	-8 %	-7 %	-16 %

\* Muutos ilman meriliikenteen optimointia ja alusten teknistä kehittymistä

Kuvassa 7.11 on esitetty taulukon 7.9 arvot graafisesti. Arvot on esitetty suhteellisena laskuna vuoden 2008 toimiessa perusvuotena. Kuvasta on havaittavissa rikkidioksidin päästömäärien laskeminen hyppäyksittäin johtuen meriliikenteen määräysten kiristymisestä sekä typen oksidien selvä laskeva trendi. Muiden päästökomponeenttien sekä polttoaineen ja energian kulutuksen vähentyminen on maltillisempaa. Vaikka skenaario on energiatehokkuuden parantumisen suhteen hyvin optimistinen, energiankulutus ei laske kovin voimakkaasti perusvuoteen verrattuna. Esimerkiksi vuoden 2009 kuljetusmäärien vähentyminen 20 prosentilla vaikutti energiatehokkuuteen vastaavalla määrällä.



**Kuva 7.11** Kaavio ”Kuljetusten energiatehokkuus” -mallin skenaarion ennusteesta ympäristökuormituksen kehityksestä 2008-2027.

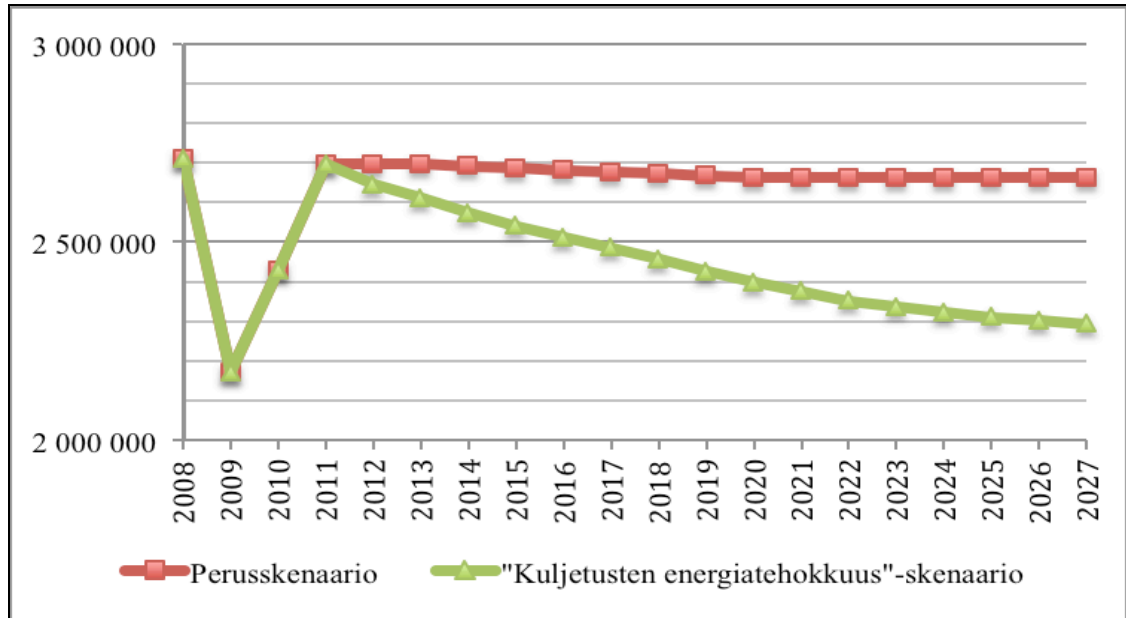
Taulukosta 7.9 nähdään, että rikkidioksidi putoaa tarkasteluvälillä ennusteiden mukaan murto-osaan nykyisestä määrästä. Myös typen oksidit tulevat puolittumaan tie- ja meriliikenteen kiristäessä pakokaasupäästömääräyksiä. Vähiten vaikutusta ympäristökuormituksessa olisi näiden skenaarioiden mukaan polttoaineen kulutuksessa ja sen johdosta hiilidioksidipäästöissä (kuva 7.12). Ennustettua (taulukko 7.6) suurempi biokomponentin osuus polttoaineissa laskisi hiilidioksidipäästöjä, mutta ei näkyisi polttoaineen kulutuksessa. Polttoaineen kulutuksen pienentämiseksi energiatehokkuuden kasvattaminen liikenteessä on keskeinen mekanismi.

**Taulukko 7.9** Ympäristökuormituksen nykytilanteen ja skenaarioiden ennusteiden vertaaminen

	CO	HC	NOx	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoaine	Energia
Nykytilanne	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Skenaario 1	100 %	91 %	58 %	6 %	98 %	100 %	100 %
Skenaario 2	82 %	72 %	42 %	4 %	85 %	86 %	78 %
Skenaario 2*	89 %	79 %	51 %	5 %	93 %	94 %	87 %

\* Muutos ilman meriliikenteen optimointia ja alusten teknistä kehittymistä

Kuvasta 7.12 on pääteltävissä, että kuljetusten ympäristökuormituksen vähentämisessä haastavin kasvihuonekaasuista ja myös muista päästökomponenteista on hiilidioksidi. Vaikka lainsäädännöllä, infrastruktuurin kehittämisellä ja kouluttamisella saataisiin aikaan positiivisia vaikutuksia energiatehokkuuden kannalta, hiilidioksidimäärät metsäteollisuuden kuljetuksissa eivät laske kuin noin kuudesosan.



**Kuva 7.12** Vertailu hiilidioksidipäästöistä skenaarioiden välillä

Toisaalta ”kuljetusten energiatehokkuus” - skenaarion kaikkien muuttujien ei ole realistista odottaa toteutuvan. Esimerkiksi raakapuun kuljettaminen optimoidun mallin mukaisesti vaatisi metsäteollisuusyritysten yhteistä raakapuun kuljettamista. Merkittävin potentiaali metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksen vähentämiselle ovat meriliikenteessä. Innovaatiot alusliikenteen energiatehokkuuden kehittämisessä ja niiden käyttöön ottaminen operoinnissa ja uusissa aluksissa saisivat aikaan merkittävää edistystä kuljetusten ympäristökuormituksen vähentämiseksi.

## 8 TUTKIMUKSEN JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tavoitteena on ollut selvittää kuinka paljon ilmanpäästöjä Suomen metsäteollisuus kuljetuksillaan vuonna 2008 aiheutti. Tätä varten on selvitetty metsäteollisuuden kuljetussuoritteet tarkasteluvuodelta sekä käytetty kullekin kuljetusvälineelle parhaiten soveltuvia yksikköpäästökertoimia VTT:n tarjoamasta ”Lipasto-liikenteen pakokaasujen laskentajärjestelmästä”. Case-esimerkein on pyritty konkretisoimaan tiettyjen raaka-aineiden ja tuotteiden kuljettamisessa aiheutuvaa ympäristökuormitusta tarkemmin. Lisäksi on selvitetty kuljetusten käyttämä energia, joka on merkittävä komponentti kuljetusten hintojen muodostumisessa. Kuljetusten päästöjen tulosten ja arvioitujen muuttujien perusteella tutkimuksessa tehtiin kaksi skenaariota pakokaasujen ja energiankulutuksen kehittymisestä 20 vuoden perspektiivillä. Tutkimuksessa ei ole arvioitu päästöjen aiheuttamia vaikutuksia luontoon.

### 8.1 Tutkimuksessa tehdyt havainnot ja johtopäätökset

Tutkimuksessa tehtyjä havaintoja on kommentoitu niissä kappaleissa, joissa aihealuetta on käsitelty. Seuraavassa on listattu tärkeimpiä havaintoja tutkimuksesta ja myöhemmin luvussa niistä tehtäviä johtopäätöksiä on selitetty hieman tarkemmin:

**Kuljetussuorite (kuljetusketjuerot huomioiden) ja kuljetusmuotojakauma pysyneet edelliseen tutkimukseen verrattuna lähes samanlaisina.** Metsäteollisuuden kuljetussuorite ei ole oleellisesti muuttunut kymmenessä vuodessa, kun tuloksia verrataan edelliseen tutkimukseen. Edellinen tutkimus on tehty vuonna 1998 suoritetuista metsäteollisuuden kuljetuksista. Myös kuljetusmuotojakauma on pysynyt hyvin samanlaisena. Nämä seikat antaisivat hyvän lähtökohdan päästöjen kehittymisen tarkastelulle. Tutkimusaineistossa, laskentamenetelmissä ja kuljetusketjun rajaamisessa olevat erot heikentävät kuitenkin tutkimusten välistä vertailtavuutta.

**Häkä ja hiilivetypäästöt ovat laskeneet merkittävästi Leskisen vuoden 2000 tutkimuksesta.** Tuloksista voidaan havaita kuljetusten aiheuttaman ympäristökuormituksen vähentyminen myös typen oksideissa ja pienhiukkasissa. Näillä komponenteilla vähennys on ollut kymmeniä prosentteja edelliseen tutkimukseen verrattuna kuljetussuorite-erot huomioiden. Toisaalta **Hiilidioksidipäästöt ja polttoaineen kulutus eivät ole juuri laskeneet.** Kuljetuksiin käytetty energiamäärä on pysynyt kymmenen vuoden aikana samalla tasolla.

**Kuljetusten energiatehokkuus ei ole parantunut havaittavasti.** Myös kuljetusten energiatehokkuus on pysynyt lähes entisellään. Leskisen tutkimuksen mukaan tonnikipometrin suoritteeseen vaadittiin 0,49 megajoulea energiaa ja tässä tutkimuksessa on laskettu, että sama kuljetussuorite vaati 0,45 megajoulea.

Toisaalta mikäli kuljetusketju on rajattu vain Suomen alueen kuljetuksiin, metsäteollisuuden kuljetusten energiakulutuksen arvo on 0,51 megajoulea tonnikipometriä kohti. Tämä johtuu siitä, että autokuljetusten rooli korostuu kuljetusmuotojakaumissa. Autokuljetuksissa energiatehokkuus on heikompi (kuva 7.7) rautatie- ja merikuljetuksiin nähden.

**Yksikköpäästökertoimien pientyminen kertoo kuljetusvälineiden kehittämisestä.** Vertailemalla näissä kahdessa tutkimuksessa käytettyjä yksikköpäästökertoimia, voidaan havaita kuljetusvälineiden kehitys pakokaasujen puhdistamisessa. Tutkimuksessa käytetyt yksikköpäästökertoimet edustavat parasta sillä hetkellä käytettävissä olevaa tietoa pakokaasujen ympäristökuormituksesta. Yksikköpäästökertoimia vertailemalla (taulukko 7.3) voidaan havaita, että etenkin auto- ja junakuljetuksien yksikköpäästöt ovat vähentyneet merkittävästi kymmenen vuoden aikana useimpien komponenttien osalta. Yksikköpäästökertoimien kehityksestä voidaan tulkita myös, että hiilidioksidipäästöjä ei ole kuljetuksissa yleisesti ottaen pystytty vähentämään.

Junakuljetuksissa havaittu päästöjen vähentyminen selittyy sähkövedon lisääntymisellä, kun taas autokuljetuksissa se perustuu palamistapahtuman tarkkaan hallintaan moottorissa sekä pakokaasujen puhdistusmenetelmien kehitykseen. Alusliikenteessä ympäristökuormituksen vähentyminen ei ole ollut aivan yhtä nopeaa. Hiilivetyjen osalta alusliikenteessä on tapahtunut merkittävää kehitystä yksikköpäästöjen pudotessa 70 – 80 %.

**Elinkaarimallin mukainen ympäristökuormituksen selvittäminen kuljetuksissa käsittäen ketjun raaka-ainekuljetuksista valmiiden tuotteiden kuljetuksiin.** Tutkimuksessa on selvitetty eräiden tuoteryhmien osalta kuljetusten kuormitusta raaka-aineista valmiiden tuotteiden kuljettamiseen mahdolliset sivutuotekuljetukset huomioon ottaen. Tällä tarkastelutavalla on haluttu päästä mahdollisimman lähelle kuljetusten LCA-mallia, jossa kokonaispäästöt on allokoitu valmiiden tuotteiden ”rasitteeksi” niiden vaatimien kuljetussuoritteiden perusteella (taulukko 6.4 ja taulukko 6.5). Tarkastelutavan tulokset korreloivat tuotteiden vaatiman kuljetussuoritteen ja keskikuljetusmatkojen kanssa. Koska eri tuotteiden välillä ei ole suuria eroja kuljetusmuotojakaumissa, tulee myös saaduista ympäristökuormitustuloksista kuljetettua tuotetonnia kohti lähes yhtä suuret.

**Ympäristökuormituksen ja kuljetussuoritteen maantieteellinen jakauma painottuu kaukoalueisiin.** Tutkimuksessa kuljetusketjuja on rajattu kahdella eri tavalla: Suomen talousalueen sisäisiin kuljetuksiin ja kuljetuksiin ensimmäisiin vientisatamiin (feeder-satamat) saakka. Tämä mahdollistaa vertailun eri kuljetusalueilla aiheutuvasta ympäristökuormituksesta (taulukko 6.6 ja kuva 6.2). Tutkimuksessa on havaittu, että suomalaisen metsäteollisuuden kuljetuksista valtaosa tapahtuu suoritteella mitaten talousalueemme ulkopuolella. Suomen alueella suoritteesta syntyy noin kolmasosa. Tämän vuoksi myös suurin osa ympäristökuormituksesta syntyy maamme rajojen ulkopuolella. Havainto tulisi korostamaan vielä enemmän, mikäli tutkimuksessa olisi ollut käytettävissä tieto tuotteiden loppukäyttäjien sijainneista.

**Eri kuljetusvälineillä on toiminastaan johtuen ominaiset päästökomponentit.** Tutkimuksessa on selvitetty, mikä kuljetusmuoto on ollut metsäteollisuuden kuljetuksissa tarkastelussa olleiden yksittäisten päästökomponenttien suurin aiheuttaja. Suurimpia kuormittajia on käsitelty luvussa 7.1, jossa olevien kaavioiden avulla voidaan päätellä, että jokaisella kuljetusmuodolla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Usein kuljetusvälineen valinnan sanelevat kuljetusympäristöön liittyvät tekijät: aluskuljetukset ovat mahdollisia vesialueiden lähellä ja rautatiekuljetukset vain ratojen muodostaman verkon alueella. Suurten kuljetusvälineiden etuna on pieni polttoaineen kulutus ja pienemmät hiilidioksidipäästöt kuljetettua yksikköä kohti. Tieliikenteessä on pystytty merkittävästi lainsäädännön avulla rajoittamaan haitallisia päästökomponentteja pakokaasuista, mutta hiilidioksidin määrään sillä ei ole ollut merkitystä. Junaliikenne osoittaa ympäristöystävällisyytensä, mutta se edellyttää sähkövedon käyttöä ja sitä, että sähkö on tuotettu ympäristöystävällisesti. Sähköveturin käyttö ei aina ole metsäteollisuuden kuljetusten kohdalla mahdollista sähköistämättömien ratojen vuoksi ja alkukuljetus sekä junan lastaaminen joudutaan suorittamaan puutavara-autoilla.

**Skenaariomallein on osoitettu energian säästämiseen tähtäävän toiminnan vaikuttavan positiivisesti ympäristökuormituksen kehittymiseen.** Kuljetusten energiatehokkuutta kehittämällä saadaan merkittävää vähentymistä ympäristökuormitukseen. Energian hinnan kasvaessa energiatehokkuus myös kuljettamisessa tulee nousemaan kilpailutekijäksi. Metsäteollisuuden kuljetuksissa suurin potentiaali energiatehokkuuden kehittämiseen on meriliikenteessä, johtuen suurista kuljetusvolyymeistä. Pienikin parannus tehokkuuteen näkyy ympäristökuormituksen pienentymisenä. Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen on suurin haaste tulevaisuudessa kuljetusten päästöissä.

## **8.2 Mahdollisuudet kuljetusten ympäristökuormituksen pienentämiselle ja energiatehokkuuden parantamiselle**

Tavoitteeksi tälle tutkimukselle oli asetettu arvioida saatujen tulosten valossa keinoja, joilla metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitusta olisi mahdollista pienentää ja käyttää kallistuvaa energiaa tehokkaammin hyödyksi. Nämä tavoitteet kulkevat käsi kädessä: menestyminen toisen tavoitteen suhteen, auttaa myös toisen tavoitteen saavuttamisessa. Ympäristökuormitusta voidaan pienentää joko vähentämällä kuljetussuoritetta, parantamalla kuljetusvälineiden tekniikkaa ympäristöystävällisempään suuntaan tai tehostamalla kuljetuksia. Metsäteollisuuden kuljetuksissa lääkkeitä ympäristökuormituksen vähentämiselle ovat samat kuin muiden teollisuuden alojen kuljetuksissa. Painottuminen meriliikenteen ympäristökuormituksen vähentämiselle ja rautateiden sähköistämiseksi johtuvat niiden suuresta suoritteesta metsäteollisuuden kuljetuksissa.

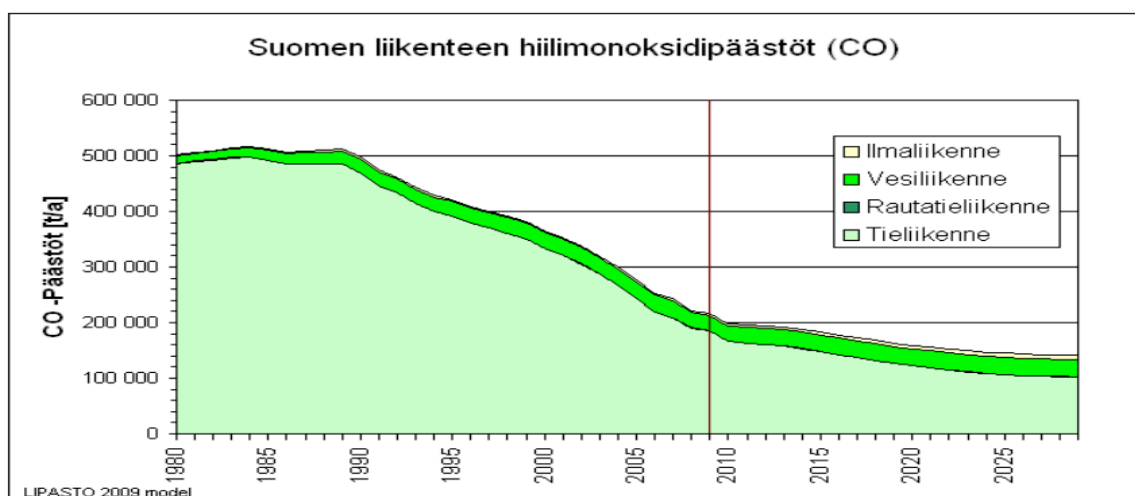
Tehokas ja toimiva logistinen järjestelmä metsäteollisuudessa on myös ympäristöystävällisempi ja taloudellisempi kuin järjestelmä, joka toimii tehottomasti.

Kokonaisvaltainen näkemys toimitusketjun hallinnasta auttaa taloudellisen kuljetusverkon luomisessa. Tehokas järjestelmä vaatii jokaisen kuljetusmuodon oman vahvuuden käyttöä ja mahdollisuutta kuljetusmuotojen saumattomaan yhteistyöhön. Yhteistyön kehittäminen ei ole yksinkertaista ja vaatii mahdollisuutta koko logistisen ketjun hallintaan.

**Kuljetussuoritteiden vähentäminen** onnistuu joko vähentämällä kuljetettavaa määrää tai kuljetusetäisyyttä. Yleisesti ottaen tuotteita kannattaa valmistaa siellä, missä on käytössä valmistukseen tarvittavia raaka-aineita. Puun jalostaminen paperiksi tai sahatavaraksi vähentää sitoutuneen veden määrää prosessissa raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi kymmeniä prosentteja. Kun valmista tuotetta kuljetetaan markkinoille, on kuljetettavaa massaa poistetun veden määrän verran raaka-aineiden kuljettamiseen verrattuna. Samalla kuljetussuoritetta ja ympäristökuormitusta syntyy vähemmän.

**Kuljetusvälineet ovat kehittyneet** ympäristöystävällisempään suuntaan, kun uusia innovaatioita on otettu käyttöön. Kuvassa 8.1 on esimerkin omaisesti esitetty häkäpäästöjen kehitys vuodesta 1980 ja ennuste kehityksestä vuoteen 2030 asti. Toteutunut vähentymä häkäpäästöissä on ollut vajaassa kolmessakymmenessä vuodessa merkittävä: päästöt ovat enemmän kuin puolittuneet. Ennusteen mukaan kehitys tulee jatkumaan lähes yhtä voimakkaana ja seuraavan kahdenkymmenen vuoden aikana hiilimonoksidipäästöt tulevat lähes puolittumaan. Toisaalta tutkimuksessa esitetyt skenaariot eivät ennusta yhtä nopeaa kehitystä metsäteollisuuden kuljetusten osalta.

Samalla kuljetusten ilmanpäästöjen vähentymisen myötä on muistettava, että liikennesuorite on vuodesta 1980 lähes kolminkertaistunut Suomessa. Myös muiden kuin pakokaasukomponenttien hiilimonoksidin kehitys on ollut samansuuntaista, ja tekniikan parantuminen uusissa liikennevälineissä ja puhtaampien polttoaineiden avulla jatkaa ympäristökuormituksen vähentymistä kasvavasta liikenteestä huolimatta. Optimistinen tulevaisuuden skenaario haitallisten pakokaasukomponenttien suhteen voisi hyvinkin olla, ettei ihmiskunnalla ole nykyisistä pakokaasukomponenteista kuin hiilidioksidin osuus ratkaistavanaan.



**Kuva 8.1** Suomen liikenteen hiilimonoksidipäästöt 1980–2009 ja ennuste vuoteen 2030 [34]

Kolmas mahdollisuus ympäristökuormituksen pienentämiseksi **kuljetuksissa** on niiden **tehostaminen**. Energiatehokkuus koostuu useasta yksittäisestä tekijästä, joille ominaista on usein yksittäin pienehkö vaikutus lopputulokseen, mutta summana vaikutus voi olla merkittävä. Kuljetus on energiatehokas silloin, kun kuljetussuoritteen ja polttoaineenkulutuksen välinen suhde on mahdollisimman suuri arvo. Mitään ohjearvoa ei tälle suurelle voida antaa, sillä energiatehokkuuden arvo riippuu lukuisista yksittäisistä tekijöistä. Kuljetustapahtumien ja –muotojen väliseen tehokkuuden vertailuun edellä mainittu arvo on kuitenkin hyvä työkalu. [71 s. 9]

Energiatehokkuuden parantaminen, eli kuljetusten tehostaminen voi tarkoittaa suurempaa kuljetuserää yhdellä kuljetuksella, kuljetusten optimointia reitin ja kuormien suhteen, kuljettajien taloudellisen ajotavan omaksumista tai kuljetukseen liittyvän infrastruktuurin parantamista. Jokainen edellä mainituista tekijöistä pitää sisällään pienempiä tekijöitä, joilla on vaikutusta kuljetuksen energiatehokkuuteen.

Tutkimuksen luvussa 7.2 osoitettiin, että energiatehokkuus ei ollut parantunut edellisen tutkimuksen ajankohtaan verrattuna. Kuljetukset kuluttavat energiaa suoritetta kohti yhtä paljon kuin kymmenen vuotta sitten. Kuljetustekniikan kehittyminen ei ole saatujen lukujen valossa pystynyt parantamaan energiatehokkuutta viime vuosina. Todennäköistä onkin, että energian hinnan noustessa edellä mainittuihin tekijöihin kiinnitetään entistä enemmän huomioita kuljetuskustannusten kasvun hillitsemiseksi. Esimerkiksi kuljettajien ekonomiseen ajotapaan, kuljetuskaluston tehtävämukaisuuteen ja yritysten väliseen yhteistyöhön kuljetusten optimoimiseksi on ryhdytty tekemään johdonmukaista työtä kuljetusten tehokkuutta haettaessa. Energiatehokkuuden kehittäminen kuljettamisessa vaatii kärsivällisyyttä ja on yksittäisten pienten seikkojen huomioimista. Muutosvauhti ei pieniä muutoksia tehden ole nopea.

### 8.3 Arviointi tutkimuksen suorittamisesta ja tuloksista

Tämä tutkimus on pystynyt vastaamaan sille asetettuihin tavoitteisiin metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormituksen ja energiankulutuksen selvittämisestä. Tutkimuksessa on tarkka estimaatti siitä, mitä ilmanpäästöjä ja kuinka paljon metsäteollisuuden kuljetukset vuonna 2008 aiheuttivat. Päättävöitteita on syvennetty case-esimerkeillä ja tuotekohtaisilla kuljetusten päästömäärillä, jotta tutkimuksen tuloksiin saatiin konkreettisempia lähestymistapoja.

Kun kyseessä on näin laaja-alainen tutkimusalue kuin metsäteollisuuden kuljetukset, lähdemateriaalin sekä huomioon otettavien muuttujien määrä on suuri. Jo kuljetussuoritteiden selvittäminen on haastavaa, koska tilastoissa on eroavaisuuksia ja määrät vaihtelevat tilastoivasta tahosta riippuen. VTT:n Lipaston tarjoamat yksikköpäästökertoimet ovat luotettavia, mutta juuri oikeanlaisen kuljetusvälineen valitseminen tutkimukseen kuljetusten monipuolisuus huomioon ottaen, ei ole helppo tehtävä. Yksikköpäästökertoimet ovat ratkaisevassa roolissa tulosten saamisen kannalta. Tutkimuksessa esitetyt tulokset ovat niin tarkkoja, mitä lähteet ovat mahdollistaneet.



Tutkimukselle asetetuista tavoitteista heikoimmin on onnistunut materiaalin tuottaminen ympäristöviestintään, koska tutkimus on pysynyt teoreettisena ja riittävää läheisyyttä käytäntöön esimerkiksi tulosten esittämisen (diagrammit ja kaaviot) osalta ei ole saavutettu. Kuitenkin tietoa metsäteollisuuden kuljetuksista ja niiden kuormituksesta ympäristöön, on tutkimuksessa esitetty runsaasti ympäristömateriaalien lähteeksi.

Metsäteollisuuden muiden kuin raaka-aine- ja tuotekuljetusten osalta kyselyin saadut tiedot sisälsivät epävarmuustekijöitä sekä vaativat tiedon ekstrapolointia. Sen vuoksi ne jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Laskennoin saadut tulokset antavat suuruusluokan huolto- ja jätekuljetusten aiheuttamasta ympäristökuormituksesta, joka metsäteollisuuden muusta kuljettamisesta on vain pieni osa.

Jotta toimintaa olisi mahdollista kehittää, tarvitaan tietoa. Tavoitteena olleeseen keinoihin ympäristöystävällisemmän kuljettamisen suorittamiselle on etsitty keinoja. Skenaariomallien avulla on tarkasteltu energiatehokkuuteen ja ympäristölle ystävällisempään kuljettamiseen tähtäävien muuttujien vaikutusta. Tutkimuksessa on annettu eväitä suomalaisen metsäteollisuuden ympäristökuormituksen pienentämiselle. Kuljettaminen on meidän kaikkien tarvitsema palvelu, jonka ympäristöystävällisyyden eteen voidaan ja tulee tehdä ponnisteluja kollektiivisesti.

## 8.4 Jatkotutkimustarve

Tutkimuksessa on esitetty laaja-alaisesti toimivan metsäteollisuuden kuljetussektorin ympäristönkuormitus Tulevaisuudessa saattaa tulla tarve tehdä tarkempaa analyysiä tietyistä metsäteollisuuden kuljetuskentän osa-alueista. Kuormituksen selvittämisen jälkeen on mahdollista arvioida uusin tutkimuksin, miten kuljetukset vaikuttavat ympäristöön. Lähitulevaisuudessa muillakin teollisuudenaloilla on tarve vastaaville tutkimuksille ympäristötietoisuuden kasvaessa.

Jatkotutkimukset liittyen tämän tutkimuksen antiin voidaan jakaa kahteen kategoriaan: tutkimuksen **tarkentamiseen** ja sen **laajentamiseen**. Näistä ensimmäiseen liittyvät seikat ovat seuraavat. Tehtyä mallia ympäristökuormitusmääristä ja energiankulutuksesta voidaan kehittää ja tuloksia entisestään tarkentaa. Varsinkin yksittäisten kuljetusketjujen mallintaminen juuri tietyille kuljetustapahtumalle ja siinä käytettävien kuljetusvälineiden yksikkökertoimien selvittäminen, antaisi tarkkoja tuloksia, mutta saattaisi toisaalta hämärtää kuljetusten kokonaiskuvaa. Työ vaatisi huomattavasti resursseja, mikäli tarkastelualueena ovat koko metsäteollisuussektorin kuljetukset. Mahdollista on selvittää myös feeder-satamien jälkeinen meriliikenne ulkomaankauppatilastoja hyödyntäen, mutta saatu tulos olisi parhaimmillaankin karkealla tasolla.

Yksittäisten tavaralajikkeiden kuljetusten aiheuttamaa ympäristökuormitusta, voidaan tarpeen mukaan tutkia tietyillä kuljetusväleillä hyvinkin tarkkaan. Tällaiset esimerkit tuovat konkreettisia malleja tietyjen tavaralajikkeiden kuljetusten tuottaman ympäristökuorman tai niiden vaatiman energian havainnollistamiseksi.

Mitä selvemmäksi rajat kuljetusketjun ja tuotenimikkeen kohdalla saadaan, sitä helpommin mutta myös tarkempia tuloksista saadaan.

Yksi perusteellisempaa kartoitusta vaativa tekijä, jota tässä tutkimuksessa on käsitelty, on kuljetusten energiankäytön tehostaminen metsäteollisuuden kuljetusten osalta. Tämä siksi, että todennäköisin skenaario energian hinnan kehitykseen lähitulevaisuudessa on sen nouseminen fossiilisten polttoaineiden saatavuuden heikentymisen johdosta. Kuljetusmuotojen voimasuhteet tulevat tulevaisuudessa muuttumaan, mikäli energian hinta kallistuu voimakkaasti. Energiat ehokkuus kuljetuksissa ja sen mahdollistama logististen kustannusten pieneneminen on kilpailuvaltti, joka hyödyttää myös kuljetuksia käyttävää yritystä.

Tämän tutkimuksen antamaa tietoa voidaan **laajentaa** seuraavilla aiheilla. Tässä tutkimuksessa rajauksiin kuului kuljetusketjujen rajaaminen Suomen itärajaan. Varsinkin raaka-ainekuljetuksia tulee Venäjältä merkittävästi ja niistä on todennäköisesti olemassa tiedot Venäjän ulkomaankaupasta vastaavalla taholla.

Tutkimusta varten tehdyt rajaukset pienentävät hieman todellisia päästömääriä. Tämä ilmenee juuri raaka-ainekuljetuksissa etenkin Venäjältä Suomeen mutta myös valmiiden tuotteiden kuljettamisesta feeder-satamista lopullisille asiakkaille. Yksistään edellä mainittujen seikkojen huomioon ottaminen on oman tutkimuksen arvoinen.

Mikäli tuotteiden hiilijalanjälki sekä muut ilmanpäästöt halutaan kuljetusten ja tavarankäsittelyn osalta saada tarkasti selville, tulee tarkastelua laajentaa kattamaan koko logistinen ketju laajemmin. Tarkasteluun tulee ottaa myös puun korjaamisesta, lastaamisesta ja purkamisesta, tuotantolaitosten sisäisistä siirroista sekä terminaaleissa ja satamissa tapahtuvasta ahtaamisesta aiheutuvat ympäristökuormitukset. Osasta edellä mainituista kohdista on olemassa tutkimustietoa, mutta kokonaiskuvan hahmottaminen vaatii tietojen yhdistämistä sekä lisätutkimusta.

Edellä esitettyjen kahden peruskategorian, tarkentamisen ja laajentamisen lisäksi, tutkimusta tulee aika ajoin **päivittää**. Kuten skenaariomalleista selvisi, liikenteellä ja kuljettamisella on edessään suuria haasteita liittyen käytettävän energian saatavuuteen ja vaihtoehtoihin. Jo kymmenen vuoden väli tutkimuksen päivittämiselle on pitkä, ja siinä ajassa ennättää tapahtua hyvin paljon niin metsäteollisuuden kuin kuljetusjärjestelmien parissa.

# LÄHTEET

- [1] Luostarinen, M. 2005. Ekologinen klusteri ja innovaatiopolitiikka. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Julkaisu nro 70. Agrifood Research Finland.
- [2] EU:n ilmastopolitiikan työryhmä. 2008. Package of Implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020. Työdokumentti uudistaen direktiiviä 2003/87/EC. Bryssel. 23.1.2008.
- [3] Metsäteollisuus. 2009a. Tavaraliikenteen kustannusrasitus on minimoitava. WWW. Saatavilla: [<http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/tavaraliikenne/Sivut/default.aspx>]. Viitattu 23.3.2010.
- [4] Kalberg, H., Kalenoja, H. Liikenteen ympäristövaikutukset. 2005. Tampereen teknillinen yliopisto, logistiikan laitos. Opetusmoniste 37.
- [5] Kasanen, E., Lukka, K., Siitonen, A. 1991. Konstruktiivinen tutkimus liiketaloustieteessä. Liiketaloudellinen aikakauskirja 3/1991.
- [6] Neilimo, K., Näsi, J. 1980. Nomoteettinen tutkimusote ja suomalaisen yrityksen taloustiede. Tampereen yliopisto. Tampere.
- [7] Leskinen, T. 2000. Suomen metsäteollisuuden kuljetukset ja niiden ympäristövaikutukset. Diplomityö. Metsäteollisuus ry. Helsinki. 2000.
- [8] Kuisma, M. toim. 2008. Kriisi ja kumous – Metsäteollisuus ja maailmantalouden murros 1973-2008. ISBN 978-952-222-004-2. Otava. Keuruu 2008.
- [9] Ahvenainen, J. 1984. Suomen sahateollisuuden historia. WSOY. Porvoo. ISBN 951-0-12476-1.
- [10] Ruismäki, L. 2002. Tervatalous-artikkeli. Emojulkaisu: Kauhajoen metsien ja soiden kirja. 1999. ISBN: 952-91-1426-5.
- [11] Metsäteollisuus ry. 2010. Kalvosarja. Metsäteollisuuden merkitys Suomelle. Saatavilla: <http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/TilastokuviotVanhat/Perustietoa/Forms/AllItems.aspx>. Viitattu 13.10.2010.
- [12] Liikenne- ja viestintäministeriö. 2010. Huolila, K., Hälinen, H.-M., Laari, S. Lorentz, H., Ojala, L., Rantasila, K., Solakivi, T. Töyli, J. Logistiikkaselvitys 2010. Julkaisu 36/2010.
- [13] Metsäteollisuus ry 2009. 2010a. Metsäteollisuuden päivittäiset tavaravirrat Powerpoint esitys. WWW. Viitattu 24.4.2010.
- [14] Leskinen, T. 2000. Suomen metsäteollisuuden kuljetukset ja niiden ympäristövaikutukset. Diplomityö. Metsäteollisuus ry. Helsinki. 2000.
- [15] Seinelä M. 2010. Metsäteollisuuden tuotantolaitokset Suomessa. Metsäteollisuus ry. 22.1.2010. Powerpoint-esitys. WWW. Saatavilla: <http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu/TilastokuviotVanhat/Perustietoa/Forms/AllItems.aspx>. Viitattu 13.4.2010.

- [16] Kariniemi, A. 2009a. Puunkorjuu ja puutavaran kaukokuljetus vuonna 2008. Tuloskalvosarja 13a/2009. Metsäteho oy. 24.4.2009 WWW. Saatavilla: <http://www.metsateho.fi/tuloskalvosarja?year=2009>. Viitattu 12.4.2010.
- [17] Kariniemi, A. 2009b. Puunkorjuu ja puutavaran kaukokuljetus vuonna 2008. Metsätehon katsaus nro 39. Metsäteho oy.
- [18] Metla. 2009. Metsätilastollinen vuosikirja. 2009. Sastamala; Metsäntutkimuslaitos.
- [19] Tilastokeskus. 2010. Kuorma-autoliikenteen kustannusindeksi. Internet-sivusto. Saatavilla: <http://www.stat.fi/til/kalki/tie.html>. Viitattu 3.12.2010.
- [20] Ratahallintokeskus 2009a. Suomen rautatietilasto 2009. Helsinki.
- [21] VR Cargo Oy. 2010. Kuormausohjeet. saatavilla: [http://www.vrcargo.fi/fin/asiakkaan\\_opas/kuormausohjeet.shtml](http://www.vrcargo.fi/fin/asiakkaan_opas/kuormausohjeet.shtml). Viitattu: 16.4.2010.
- [22] Ratahallintokeskus 2009b. Vuosikertomus 2008. Helsinki.
- [23] Rumpunen, H. 2010. Projektin ohjausryhmän palaveri 30.8.2010.
- [24] Iikkanen, P., Varjola, M. Ratahallintokeskus. 2002. Rataverkon tavaraliikenneennuste 2025. Ratahallintokeskuksen julkaisuja 7/2002.
- [25] Merenkululaitos 2009a. Merenkululaitoksen tilastoja 5/2009. Ulkomaan meriliikennetilasto 2008. ISBN 978-951-49-2151-3. Edita Prima Oy. Helsinki.
- [26] Toivonen, H. 2010. Väyläkortit Suomen satamiin. Merenkululaitos. WWW. Saatavilla: [http://portal.fma.fi/sivu/www/fma\\_fi/merenkulun\\_palvelut/vaylat\\_kanavat/Vaylakortit](http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi/merenkulun_palvelut/vaylat_kanavat/Vaylakortit). viitattu: 19.4.2010.
- [27] Järvi, T., Mäkelä, K., Pääkkönen, E., Tuominen, A. 2009. Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä MEERI 2008. VTT:n tutkimusraportti nro VTT-R-08702-09. 26.11.2009
- [28] Metsäteollisuus ry 2009b. Metsäteollisuuden ympäristötilastot vuodelta 2008. Saatavilla: [http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/ymparistotilastot2008/Documents/46687\\_MT\\_Ymparistoesite.pdf](http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/ymparistotilastot2008/Documents/46687_MT_Ymparistoesite.pdf). Viitattu: 3.9.2010.
- [29] Konttinen J. 2010. Teollisuuden prosessit. Kurssikirja. Jyväskylän yliopisto/ Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere.
- [30] Liikennevirasto. Tietilasto 2009. Helsinki. 2010. Edita Prima Oy.
- [31] Kokkarinen, V., Halla, N.. 2007. Tiehallinnon julkaisuja: Tulevaisuuden näkymiä 3/2007. ISSN: 0789-886.
- [32] TENconnect. 2009. Traffic flow: Scenario, Traffic Forecast and Analysis of Traffic on the TEN-T, Taking into Consideration the External Dimension of the Union. EU
- [33] Tilastokeskus. 2009b. Energiankulutus 2008. Saatavilla: [http://www.stat.fi/til/ekul/2008/ekul\\_2008\\_2009-12-14\\_fi.pdf](http://www.stat.fi/til/ekul/2008/ekul_2008_2009-12-14_fi.pdf). Viitattu: 25.7.2010.
- [34] VTT. 2010. Lipasto, yksikköpäästöjärjestelmä. Internet-sivusto. Saatavilla: <http://lipasto.vtt.fi>.
- [35] Öljy- ja kaasualan keskusjärjestö. 2010. Öljytuotteiden ja maakaasun myynti Suomessa 2009. Internet-sivusto. Saatavilla: [http://www.oil-gas.fi/files/726\\_2008.pdf](http://www.oil-gas.fi/files/726_2008.pdf). Viitattu: 9.12.2010.
- [37] Kanner, H., Laurikko, J., Mäkelä, K. 2009. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. VTT:n tutkimusraportti nro VTT-R-08700-09. 23.11.2009.

- [38] Eurostat. 2009. Share of biofuels in total fuel consumption of transport, 2007. Saatavilla: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php?title=File:Share\\_of\\_biofuels\\_in\\_total\\_fuel\\_consumption\\_of\\_transport,\\_2007\\_%281%29\\_%28%25%29.PNG&filetimestamp=20100504144213](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php?title=File:Share_of_biofuels_in_total_fuel_consumption_of_transport,_2007_%281%29_%28%25%29.PNG&filetimestamp=20100504144213). Viitattu: 4.11.2010.
- [39] Dieselnet. 2010. Emission Standards – Europe. Internet-sivusto. Saatavilla: <http://www.dieselnet.com/standards/>. Viitattu 10.11.2010.
- [40] VR Group. 2010. VR:n 12 ympäristölupausta. Internet-sivusto. Saatavilla: [http://www.vr-konserni.fi/fi/index/ymparisto/ymparistolupaukset\\_19/lupaus1\\_1.html](http://www.vr-konserni.fi/fi/index/ymparisto/ymparistolupaukset_19/lupaus1_1.html).
- [41] NesteOil. 2007. Dieselopas. Saatavilla: <http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%3b2655%3b2698%3b2707%3b3361>. Viitattu: 2.9.2010.
- [42] Ylitalo E. 2009. Metsätilastollinen vuosikirja. 2009. Metla. Sastamala: Metsäntutkimuslaitos.
- [44] VR Cargo oy. 2009. Sisäiset taulukot.
- [45] Kyselyt metsäteollisuusyhtiöihin. 2010. Metsäliitto: Fagerlund, M. 24.6.2010; Versowood: Iso-Kuusela, M. 16.6.2010. UPM: Kaivola, M. 23.6.2010; Stora Enso: Keskisaari, T. 15.7.2010; Myllykoski Paper: Tolonen, M. 20.7.2010.
- [46] Tulli. 2010. Uljas: Suomen ulkomaankauppatilastot. Saatavilla: <http://uljas.tulli.fi/>
- [47] Metsäteollisuus ry 2010 – 2011. Metsäteollisuuden tietopalvelu. Internet-sivusto. Saatavilla: <http://www.metsateollisuus.fi/tietopalvelu/Sivut/default.aspx>.
- [48] Vuorensola, M. Supplier manager. UPM-Kymmene. Haastattelu. 14.9.2010. Tampere
- [49] Fagerlund, M., Ympäristöasiantuntija. Metsäliitto-konserni. Kysely 31.8.2010.
- [50] Keskisaari, T., Research scientist. Stora-Enso. Kysely 15.7.2010.
- [51] Tolonen, M., Environmental engineer. Myllykoski Paper Oy. Kysely 20.7.2010.
- [52] CSX. 2010. Internet-sivusto. Viitattu 10.9.2010. Saatavilla: <http://www.csx.com>.
- [53] Tilastokeskus. 2009a. Kuorma-autoliikenteen suoritteet tavaralajeittain kotimaan liikenteessä vuonna 2008. Saatavilla: <http://www.stat.fi/til/kttav/2008/index.html>. Viitattu: 21.7.2010.
- [54] Tilastokeskus. 2010. Teollisuuden energiankäyttö 2008. Saatavilla: [http://tilastokeskus.fi/til/tene/2008/tene\\_2008\\_2010-01-26\\_fi.pdf](http://tilastokeskus.fi/til/tene/2008/tene_2008_2010-01-26_fi.pdf). Viitattu: 24.7.2010.
- [55] Metsäteollisuus ry. 2009. Metsäteollisuuden tehdaspolttoaineet 2008. 17.6.2009. Saatavilla: <http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu/Tilastokuviot/Vanhat/Energia/>. Viitattu 12.4.2010.
- [56] Alakangas E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT tiedotteita 2045. Otamedia Oy. Espoo. Saatavilla: <http://www.motiva.fi/files/685/t2045.pdf>. Viitattu 14.4.2010.
- [57] Metsäteollisuus ry. 2008. Suomen metsäteollisuuden tuotanto vuonna 2008. Organisaation sisäinen taulukko.
- [58] Paperinkeräys oy. 2009. Vuosikertomus 2008. Saatavilla: [http://www.paperinkerays.fi/files/pk/vuosikertomus-pdf/2008\\_Vuosikertomus.pdf](http://www.paperinkerays.fi/files/pk/vuosikertomus-pdf/2008_Vuosikertomus.pdf). Viitattu 13.5.2010.

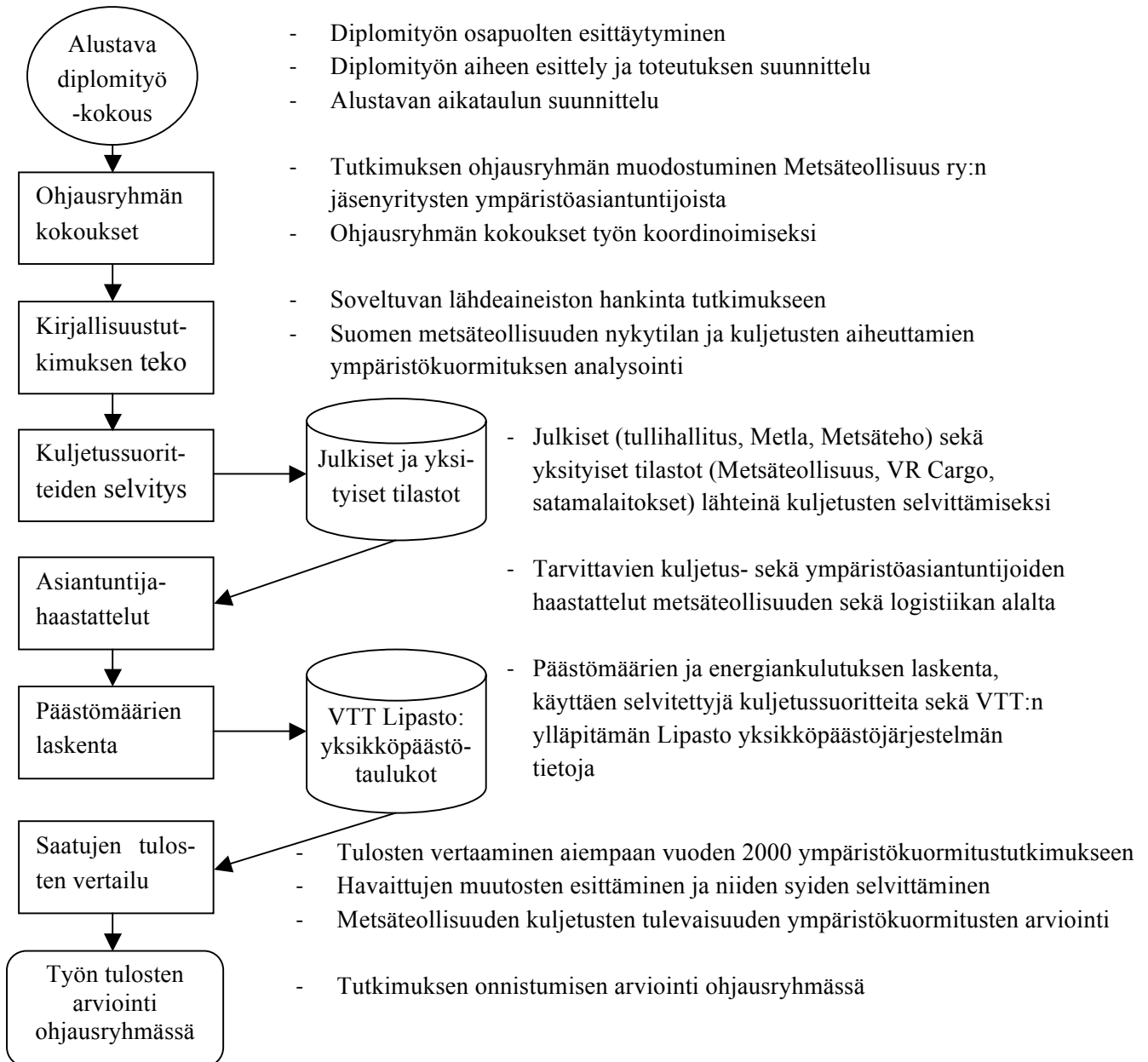
- [59] UPM. 2010. Puukuidut ja paperi. Esite. Saatavilla: [http://w3.upm-kymmene.com/upm/internet/cms/upmma.nsf/lupgraphics/puukuidut\\_ja\\_paperi.pdf/\\$file/puukuidut\\_ja\\_paperi.pdf](http://w3.upm-kymmene.com/upm/internet/cms/upmma.nsf/lupgraphics/puukuidut_ja_paperi.pdf/$file/puukuidut_ja_paperi.pdf). Viitattu: 1.8.2010.
- [60] Pro Puu yhdistys. 2010. Puuarkisto-tietopankki. PuuProffa. WWW. Saatavilla: <http://puuproffa.fi/arkisto/>. Viitattu 3.6.2010
- [61] Metsäteollisuus ry. 2009a. Suomen liimapuun tuotanto notkahti vuonna 2008 – toimialakatsaus. Saatavilla: <http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/liimapuu/Documents/Toimialakatsaus2008.pdf>. Viitattu 21.8.2010.
- [62] Asplund, D., Flyktman, M., Uusi-Penttilä, P. 2009. Arvio mahdollisuuksista saavuttaa uusiutuvien energialähteiden käytön tavoitteet Suomessa 2020. FINBIO julkaisu 42. ISBN 978-952-5135-41-1
- [63] Chemas. 2005. Suomen kemianteollisuus. Toimittaneet Riistama, K., Laitinen, J., Vuori, M. ISBN 952-9597-54-1. Helsinki. Tammer-paino Tampere.
- [64] NesteOil. 2007. Lehdistötiedote 31.5.2007. WWW. Saatavilla: [www.nesteoil.fi/default.asp?path=35;52;88;100;101;7438;8399](http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35;52;88;100;101;7438;8399). Viitattu 31.5.2011.
- [65] Bing. 2010. Karttapalvelu. Internet-sivusto. Saatavilla: <http://www.bing.com/maps/>. Viitattu 27.11.2010.
- [66] Markkanen, H. 2006. Toimitusjohtaja Imerrys Oy. Esitys Vuorimiespäivillä 24.3.2006. Julkaistu Materia-lehdessä 2/2006. s. 31. Saatavilla: [http://www.vuorimiesyhdistys.fi/materia/pdf/Materia\\_2006-2.pdf](http://www.vuorimiesyhdistys.fi/materia/pdf/Materia_2006-2.pdf). Viitattu 20.8.2010.
- [67] Imerys. Kaolin Products. Yrityksen Internet-sivut. Saatavilla: <http://www.imerys-paper.com/products/kaolin.html>. Viitattu 20.8.2010.
- [68] British geological survey. 2009. Mineral planning factsheet – kaolin. Saatavilla: [www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=1362](http://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=1362). Viitattu 20.8.2010.
- [69] Thiele Kaolin Company. 2009. Yritysesite. Saatavilla: [http://www.thielekaolin.com/images/thieleimages/2009\\_Thiele\\_Brochure.pdf](http://www.thielekaolin.com/images/thieleimages/2009_Thiele_Brochure.pdf). Viitattu 20.8.2010
- [70] UPM. 2010. Jokilaakson tehtaat. WWW. Saatavilla: [http://w3.upm-kymmene.com/upm/internet/cms/upmcmsfi.nsf/\\$all/FD5A1EBFD0065302C2256E67004EECE3?Open&qm=menu,0,0,0](http://w3.upm-kymmene.com/upm/internet/cms/upmcmsfi.nsf/$all/FD5A1EBFD0065302C2256E67004EECE3?Open&qm=menu,0,0,0). Viitattu 13.5.2010.
- [71] Liimatainen, H. 2010. Kuljetusalan energiatehokkuuden raportointi ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointi. Tampereen teknillinen yliopisto, tiedonhallinnan ja logistiikan laitos. Tutkimusraportti 77. ISBN 978-952-15-2486-8. komissio. Raportti: TenC704\_001. Saatavilla: [http://ec.europa.eu/transport/wcm/infrastucture/studies/2009\\_12\\_ten\\_connect\\_final\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/transport/wcm/infrastucture/studies/2009_12_ten_connect_final_report.pdf). Viitattu 8.12.2010.
- [72] Metsäteollisuus ry. 2010x. Irti fossiilisista polttoaineista. Kalvosarja. Internet-sivusto. Saatavilla: <http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/RESeparealistinen/Sivut/default.aspx>. Viitattu 16.12.2010.
- [73] IMO. 2010. International Maritime Organization, Sulphur oxides – Regulation 14. Kansainvälinen säännös. Saatavilla: <http://www.imo.org/ourwork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/sulphur-oxides-%28sox%29-%E2%80%93-regulation-14.aspx>.

- [74] Auvinen, H., Mäkelä, K. 2010. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt LIISA 2009 laskentajärjestelmä. VTT:n tutkimusraportti nro VTT-R-05541-10. 4.11.2010
- [75] Iikkanen, P., Keksinen, S., Korpilahti, A., Räsänen, T., Sirkiä, A. 2010. Raakapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli. Liikenneviraston julkaisu 29/2010. ISBN 978-952-255-562-5. Helsinki. [68] ETT-projekt. 2009.
- [76] Metsäteollisuus ry. 2009. Sisäiset taulukot
- [77] Raunio, H. 2010. Tekniikka ja talous 14.9.2010. Suomeen saattaa nousta kolme biodiesel-laitosta

# LIITTEET

## LIITE 1.

### Metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus-tutkimuksen prosessikaavio

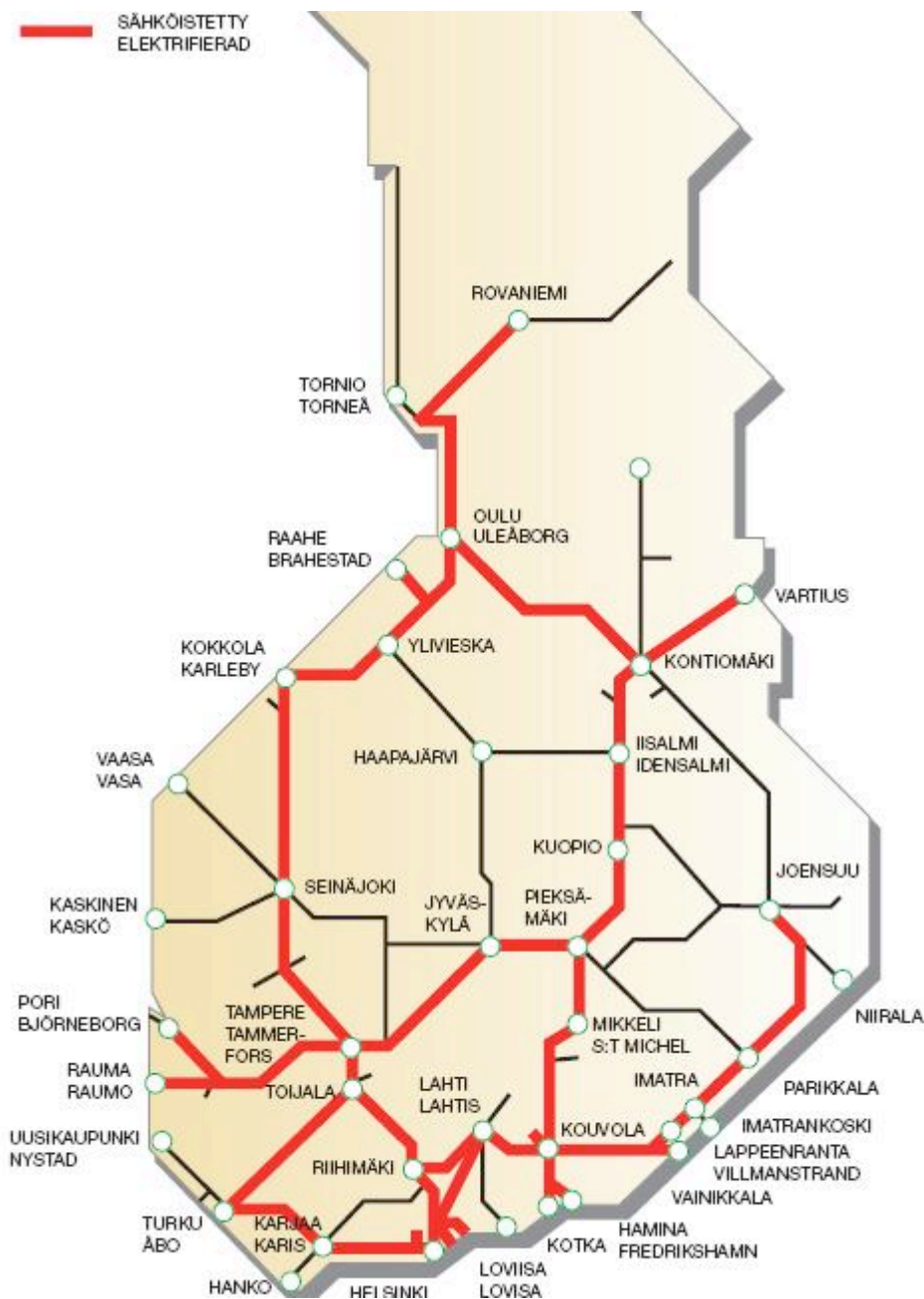




## LIITE 2.

### Sähköisten ratojen osuus Suomessa 2008

(Lähde: Ratahallintokeskus 2009b. Suomen rautatietilasto 2009. Helsinki. s. 6, 19, 28)

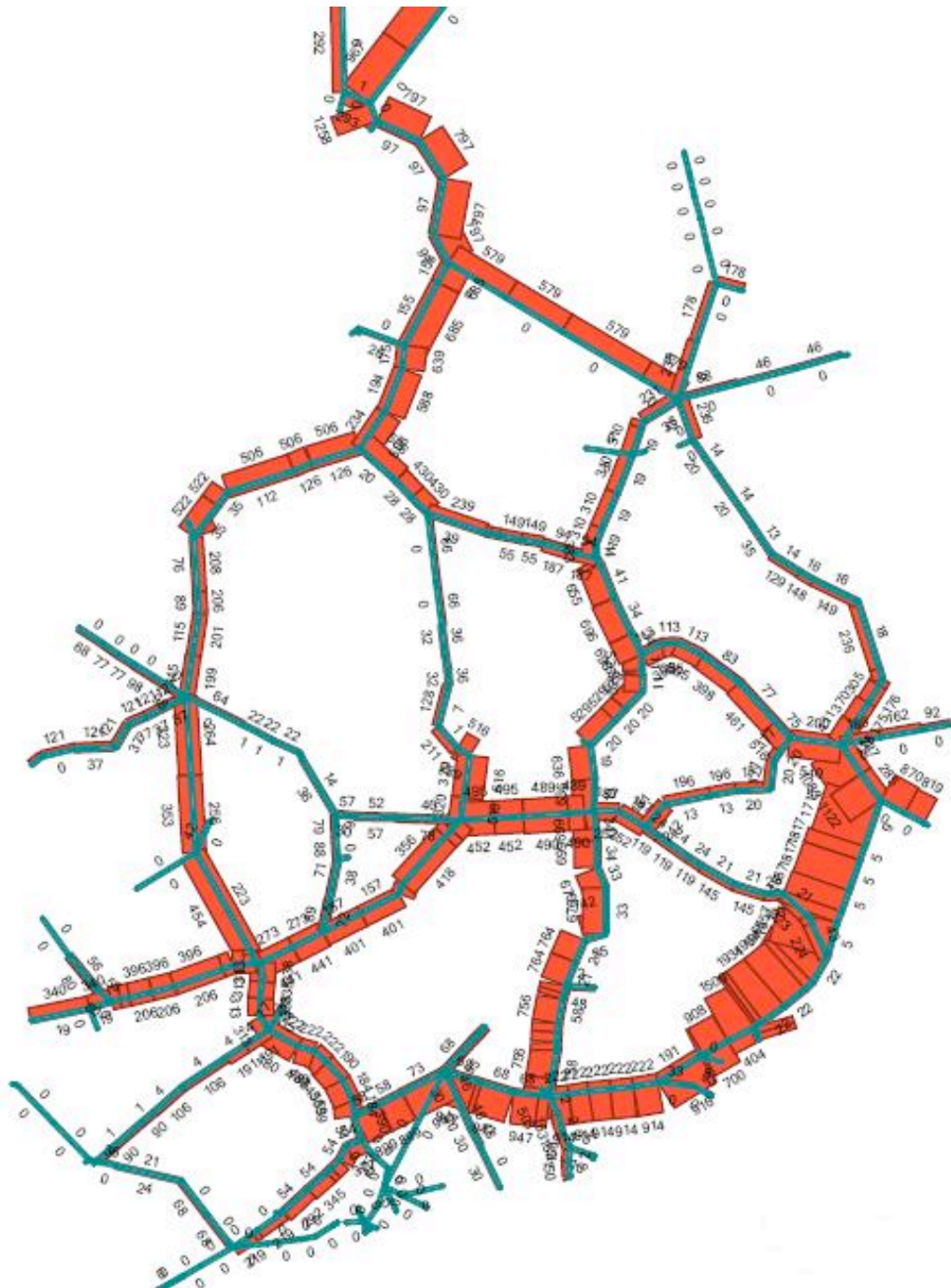


Suomen rataverkon pituus:	5 919 kilometriä
josta sähköistettyä rataa:	3 067 kilometriä
Tavaraliikenteen kuljetussuorite:	23 827 miljoonaa brtkm
josta dieselledon osuus:	6 858 miljoonaa brtkm
joka on prosentteina:	28,8 %

### LIITE 3.

#### Raakapuuvirrat rautateillä vuonna 2009

(Lähde: Lahelma H. 2010. Liikennevirasto. Saatavilla:  
[http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/fi/uutiset/2010/34\\_2010/29042010-logistiikka](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/fi/uutiset/2010/34_2010/29042010-logistiikka).  
Viitattu 13.6.2010)



Kuljetusmäärät kotimaassa vuonna 2009 yhteensä:	10,2 miljoonaa tonnia
Sähköistämättömällä rataosuudella kuljetettu raakapuu:	5,3 miljoonaa tonnia
Prosenttiosuus dieselvedolle:	52,0 %
Idästä tuotu raaka-aine vuonna 2008: raakapuu 5,4 milj. t., hake 0,7 milj. t.	

#### LIITE 4

##### Satamien välisiä etäisyyksiä

(Lähde: World port source. 2010. Saatavilla: <http://www.distances.com/distance.php>. Viitattu 16.8.2010) ja

##### Suomalaisten satamien etäisyys talousalueen rajalla sijaitsevasta kolmikantapisteestä

(Lähde: Liikennevirasto, Tilatietoyksikkö. Yliaktuaari Harry Federley. Sähköposti 23.11.2010)

<b>Satamien väliset etäisyydet (World Port Source)</b>			
<b>Lähtösatama</b>	<b>Määränpääsatama</b>	<b>Etäisyys merimaileina</b>	<b>Etäisyys kilometreinä</b>
Helsinki	Tallinna / Viro	48	89
Helsinki	Pietari / Venäjä	171	317
Helsinki	Riika / Latvia	316	585
Helsinki	Klaipeda / Liettua	337	624
Helsinki	Göteborg / Ruotsi	687	1272
Helsinki	Rostock / Saksa	580	1074
Helsinki	Travemünde / Saksa	611	1132
Helsinki	Hull / Iso-Britannia	1158	2145
Helsinki	Rotterdam / Alankomaat	1158	2145
Helsinki	Port Said / Egypti	4375	8103
Helsinki	Montreal / Kanada	4017	7439
Helsinki	New York / Yhdysvallat	4225	7825
Helsinki	New Orleans / Yhdysvallat	5669	10499
Helsinki	Kapkaupunki / Etelä-Afrikka	7264	13453
Helsinki	Recife / Brasilia	5275	9769
Helsinki	Rio de Janeiro / Brasilia	6344	11749
Helsinki	Montevideo / Uruguay	7345	13603
Helsinki	Buenos Aires / Argentiina	7442	13783
Helsinki	Hong Kong / Kiina	10843	20081
Helsinki	Shanghai / Kiina	11620	21520
Helsinki	Tokio / Japani	12287	22756
ERO HAMINAAN		62	115
ERO KOTKAAN		55	102
ERO LOVIISAAN		52	96
<b>ERO HELSINKIIN</b>		<b>0</b>	<b>0</b>
ERO HANKOON		-65	-120
ERO RAUMAAN		-4	-7
ERO PORIIN		18	33
ERO KASKISIIN		66	122
ERO PIETARSAAREEN		172	319
ERO OULUUN		275	509
ERO KEMIIN		277	513
ERO VAASAAN		120	222
ERO TURKUUN		-55	-102

**Reittipituudet / Ulkomaan tavaraliikenne**

- etäisyydet on laskettu Ahvenanmaan eteläpuolella sijaitsevaan ns. kolmikantapisteeseen

	<b>Locode</b>	<b>Satama</b>	<b>Km (etäisyys Suomen aluevesirajalle)</b>
1.	FIHMN	Hamina	460
2.	FIKTK	Kotka	420
3.	FILOV	Loviisa	400
4.	FIISN	Isnäs	430
5.	FI TOK	Tolkkinen	360
6.	FIVES	Vessö	360
7.	FISKV	Sköldvik	360
8.	FISIP	Sipoonlahti	340
9.	FIHEL	Helsinki	310
10.	FIKNT	Kantvik	280
11.	FIINK	Inkoo	270
12.	FIPOH	Pohjankuru	230
13.	FI TAI	Tammisaari	220
14.	FILAP	Lappohja	210
15.	FIKVH	Koverhar	200
16.	FIHKO	Hanko	210
17.	FI TKU	Turku	230
18.	FISAL	Salo	280
19.	FIFOR	Förby	250
20.	FIKIM	Kemiö	260
21.	FIDLS	Taalintehdas	250
22.	FIPAR	Parainen	240
23.	FI TUR	Turun saaristo	250
24.	FINLI	Naantali	240
25.	FIMHQ	Maarianhamina	170
26.	FIECK	Eckerö	180
27.	FIFAR	Färjsund	200
28.	FIUKI	Uusikaupunki	360
29.	FIRAU	Rauma	380
30.	FIEJO	Eurajoki	390
31.	FILUV	Luvia	390
32.	FIPOR	Pori	410
33.	FIMER	Merikarvia	450
34.	FIKRS	Kristiinankaupunki	460
35.	FIKAS	Kaskinen	460
36.	FIVAA	Vaasa	580
37.	FIPRS	Pietarsaari	660
38.	FIKOK	Kokkola	710
39.	FIRAH	Rahja	750
40.	FIRTR	Rautaruukki	800
41.	FIRAA	Raahe	800
42.	FIOUL	Oulu	890
43.	FIKEM	Kemi	870
44.	FI TOR	Tornio	880

# LIITE 5

**Paperin ja kartongin vienti ulkomaisiin satamiin vuonna 2008** (Lähde: Merenkululaitos. 2009. Merenkululaitoksen tilastoja 5/2009. Ulkomaan meriliikennetilasto 2008. ss. 62-72)

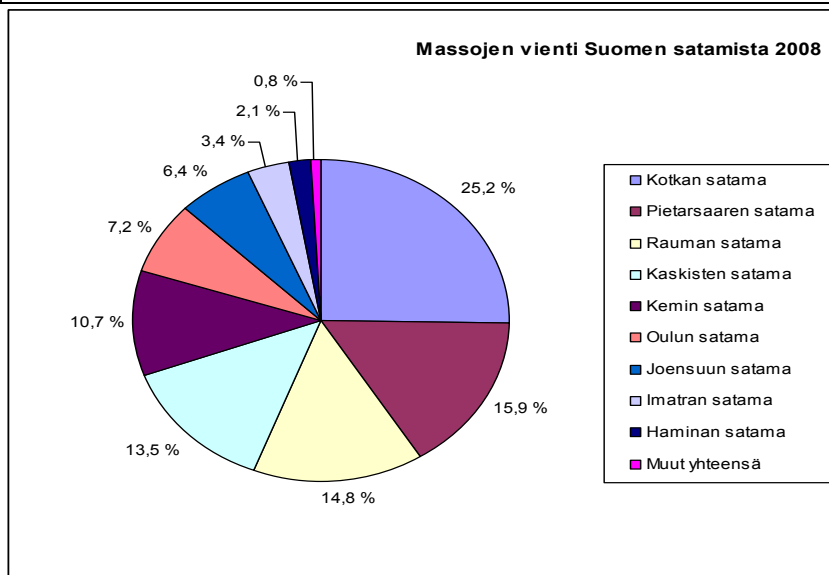
<b>VIENTISATAMAT PAPERI JA KARTONKI (yli 50 000t)</b>			
Satama ja maa	Määrä (t)	%-osuus	Etäisyys pain. keskiarvo
Ruotsi, Göteborg	1 062 700	10,4 %	1 372
Viro, Tallina	52 798	0,5 %	54
Puola, Gdynia	384 009	3,8 %	874
Puola, Stettin	91 012	0,9 %	1 133
Tanska, Århus	82 327	0,8 %	1 328
Saksa, Lübeck	2 481 362	24,3 %	1 252
Saksa, Rostock	450 470	4,4 %	1 174
Saksa, Travemünde	90 928	0,9 %	1 232
Saksa, Bremerhaven	501 377	4,9 %	2 008
Saksa, Hampuri	574 610	5,6 %	2 061
Englanti, Hull	441 923	4,3 %	2 245
Englanti, Teesport	99 569	1,0 %	2 215
Englanti, Tilbury	322 045	3,2 %	2 385
Alankomaat, Amsterdam	52 749	0,5 %	2 178
Alankomaat, Rotterdam	137 863	1,3 %	2 245
Alankomaat, Terneuzen	110 000	1,1 %	2 352
Belgia, Antwerpen	834 762	8,2 %	2 422
Ranska, Rouen	160 921	1,6 %	2 726
Espanja, Bilbao	248 000	2,4 %	3 567
Espanja, Ferrol	108 960	1,1 %	3 567
Espanja, Santander	296 115	2,9 %	3 524
Espanja, Gandia	126 219	1,2 %	5 360
Yhdysvallat, Baltimore	530 565	5,2 %	8 456
Yhdysvallat, Philadelhia	78 633	0,8 %	8 193
Yhdysvallat, Et-Atlantti	354 019	3,5 %	9 175
<b>SATAMAT YHTEENSÄ</b>	<b>9 673 936</b>	<b>94,6 %</b>	
Muut satamat*	548 001	5,4 %	1 500
<b>TILASTO YHTEENSÄ</b>	<b>10 221 937</b>	<b>100,0 %</b>	<b>2 527</b>
*Ryhmä koostuu lähinnä Itämeren rannoilla olevista vähävolyyimisista satamista			

# LIITE 6

**Sellun vienti ulkomaisiin satamiin vuonna 2008 ja Suomen vientisatamien prosenttiosuudet** (Lähde: Merenkululaitos. 2009. Merenkululaitoksen tilastoja 5/2009. Ulkomaan meriliikennetilasto 2008. ss. 62-72)

<b>VIENTISATAMAT SELLU JA PUUHIOKE (yli 15 000t)</b>			
Satama ja maa	Määrä (t)	%-osuus	Etäisyys pain. keskiarvo
Ruotsi, Gävle	37002	1,6 %	260
Puola, Stettin	51942	2,3 %	1 254
Liettua, Klaipeda	16014	0,7 %	845
Saksa, Lübeck	15330	0,7 %	1 373
Saksa, Brake	110228	4,8 %	2 154
Saksa, Bremen	106515	4,7 %	2 193
Saksa, Bremerhaven	77881	3,4 %	2 129
Saksa, Emden	462142	20,2 %	2 162
Saksa, Hampuri	110583	4,8 %	2 182
Englanti, Blyth	15244	0,7 %	2 321
Englanti, Dundee	15182	0,7 %	2 358
Englanti, Grangemouth	59178	2,6 %	2 421
Englanti, Chatham	35046	1,5 %	2 499
Alankomaat, Rotterdam	137863	6,0 %	2 366
Alankomaat, Vissingen	320399	14,0 %	2 452
Belgia, Antwerpen	178978	7,8 %	2 543
Ranska, Boulogne	35530	1,6 %	2 553
Ranska, Rouen	62270	2,7 %	2 847
Espanja, Pasajes	47562	2,1 %	3 721
Italia, Genova	50236	2,2 %	6 349
Italia, muut satamat	54580	2,4 %	6 300
Turkki, satamat yht.	53009	2,3 %	7 814
Egypti, Alexandria	14448	0,6 %	8 111
<b>SATAMAT YHTEENSÄ</b>	<b>2067162</b>	<b>90,5 %</b>	
Muut satamat*	217872	9,5 %	2 125
<b>TILASTO YHTEENSÄ</b>	<b>2285034</b>	<b>100,0 %</b>	<b>2 607</b>

\*Ryhmä koostuu suurelta osin Atlantin ja Välimeren rannoilla olevista vähävolyyimisistä satamista

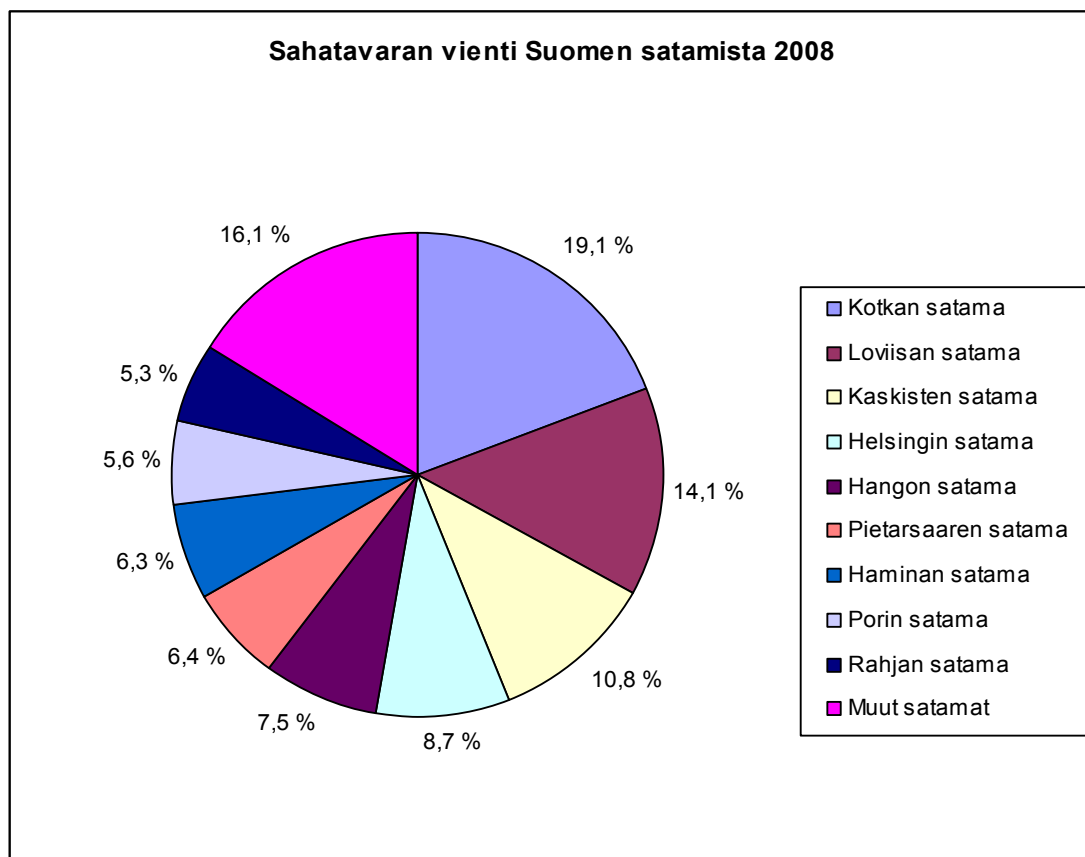


## LIITE 7

### Sahatavaran vientikuljetukset Suomen satamista ulkomaisiin satamiin vuonna 2008, 2 sivua

(Lähde: Merenkululaitos. 2009. Merenkululaitoksen tilastoja 5/2009. Ulkomaan meriliikennetilasto 2008. s. 52; ss. 62-72)

Sahatavaran vienti Suomen satamista			
Satamapaikkakunta	Sahatavara (t)	%osuudet	
Kotkan satama	626 016	19,1 %	
Loviisan satama	462 601	14,1 %	
Kaskisten satama	353 301	10,8 %	
Helsingin satama	287 138	8,7 %	
Hangon satama	247 712	7,5 %	
Pietarsaaren satama	211 505	6,4 %	
Haminan satama	208 200	6,3 %	
Porin satama	184 468	5,6 %	
Rahjan satama	172 754	5,3 %	
Muut satamat	529 813	16,1 %	
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>3 283 508</b>	<b>100,0 %</b>	



<b>VIENTISATAMAT SAHATAVARA (yli 15 000t)</b>			
Satama ja maa	Määrä (t)	%-osuus	Etäisyys pain. keskiarvo
Ruotsi, Göteborg	16 656	0,5 %	1 371
Puola, Gdynia	15 938	0,5 %	873
Tanska, Århus	84 476	2,6 %	1 327
Saksa, Lübeck	207 544	6,3 %	1 251
Saksa, Rostock	151 032	4,6 %	1 173
Saksa, Travemünde	228 225	7,0 %	1 231
Saksa, Bremerhaven	175 649	5,3 %	2 007
Saksa, Hampuri	99 320	3,0 %	2 060
Englanti, Boston	70 185	2,1 %	2 310
Englanti, Dundee	16 756	0,5 %	2 236
Englanti, Grangemouth	36 771	1,1 %	2 299
Englanti, Hull	141 433	4,3 %	2 244
Englanti, Immingham	33 959	1,0 %	2 231
Englanti, New Holland	26 550	0,8 %	2 248
Englanti, Shoreham	34 054	1,0 %	2 512
Englanti, Tilbury	45 644	1,4 %	2 384
Pohjois-Irlanti, Belfast	43 272	1,3 %	2 838
Irlanti, Drogheda	16 879	0,5 %	2 970
Alankomaat, Amsterdam	15 072	0,5 %	2 177
Alankomaat, Rotterdam	228 638	7,0 %	2 244
Belgia, Antwerpen	79 057	2,4 %	2 421
Ranska, Honfleur	91 307	2,8 %	2 605
Ranska, St Malo	16 943	0,5 %	2 877
Ranska, Bordeaux	32 785	1,0 %	3 514
Ranska, La Pallice	27 651	0,8 %	3 375
Muu Ranska	35 859	1,1 %	3 062
Espanja, Atlantti yht.	40 550	1,2 %	3 618
Espanja, Välimeri yht.	25 064	0,8 %	5 266
Kreikka yht.	73 436	2,2 %	7 401
Egypti, Alexandria	472 670	14,4 %	7 989
Tunisia, yht.	71 539	2,2 %	6 129
Algeria, Alger	63 773	1,9 %	5 470
Algeria, Bejala	103 615	3,2 %	5 618
Algeria, Skikda	20 990	0,6 %	5 774
Algeria, muut satamat	63 127	1,9 %	5 636
Marokko, Casablanca	89 437	2,7 %	4 705
Kypros	17 013	0,5 %	8 155
Israel, Ashdod	95 043	2,9 %	8 372
Israel, Haifa	48 570	1,5 %	8 363
<b>SATAMAT YHTEENSÄ</b>	<b>3 156 482</b>	<b>96,1 %</b>	
Muut satamat*	127 026	3,9 %	2 500
<b>TILASTO YHTEENSÄ</b>	<b>3 283 508</b>	<b>100,0 %</b>	<b>3 775</b>
* Ryhmä koostuu Iso-Britannian, Ranskan ja Espanjan rannoilla olevista vähävolyymisistä satamista			



# LIITE 8

## Levytuotteiden vienti ulkomaisiin satamiin vuonna 2008

(Lähde: Merenkululaitos. 2009. Merenkululaitoksen tilastoja 5/2009. Ulkomaan meriliikennetilasto 2008. ss. 62-72)

<b>VIENTISATAMAT LEVYTUOTTEET (yli 5 000t)</b>			
Satama ja maa	Määrä (t)	%-osuus	Etäisyys pain. keskiarvo
Ruotsi, Göteborg	6 629	1,2 %	1321
Puola, Gdynia	10 762	2,0 %	823
Tanska, Århus	36 982	6,7 %	1277
Saksa, Lübeck	93 262	17,0 %	1 200
Saksa, Rostock	44 949	8,2 %	1 123
Saksa, Travemünde	31 283	5,7 %	1 181
Saksa, Bremerhaven	7 939	1,4 %	1 957
Saksa, Hampuri	23 437	4,3 %	2 010
Islanti yht.	10 684	1,9 %	3 399
Englanti, Harwich	7 948	1,4 %	2 238
Englanti, Hull	29 031	5,3 %	2 194
Englanti, Tilbury	60 455	11,0 %	2 334
Alankomaat, Amsterdam	52 749	9,6 %	2 127
Alankomaat, Rotterdam	5 372	1,0 %	2 194
Belgia, Antwerpen	27 889	5,1 %	2 371
Ranska, Rouen	16 018	2,9 %	2 675
Espanja, Ferrol	5 123	0,9 %	3 516
Espanja, Santander	17 616	3,2 %	3 473
Yhdysvallat, Baltimore	8 504	1,5 %	8 405
<b>SATAMAT YHTEENSÄ</b>	<b>496 632</b>	<b>90,5 %</b>	
Muut satamat*	52 345	9,5 %	1 952
<b>TILASTO YHTEENSÄ</b>	<b>548 977</b>	<b>100,0 %</b>	<b>1 952</b>
* Muiden satamien sijainnit ympäri Itämeren, Atlantin ja Välimeren rannikoita. Käytetty keskiarvomatkaa kuljetussuoritteen laskentaan.			

## LIITE 9

**Metsäteollisuuden käyttämät tuontisatamat tuoteryhmittäin vuonna 2008**

(Lähde: Merenkululaitos. 2009. Merenkululaitoksen tilastoja 5/2009. Ulkomaan meriliikennetilasto 2008. ss. 50-52)

<b>METSÄTEOLLISUUSTUOTTEIDEN TUONNIN OSALTA SUURIMMAT SATAMAT (tonnia)</b>									
<b>Sija</b>	<b>Satamapaikkakunta</b>	<b>Metsäteollisuuden tuotteet yht.</b>	<b>Raakapuu ja hake</b>	<b>Sahatavara</b>	<b>Sellu ja puuhioke</b>	<b>Paperi ja kartonki</b>	<b>Vaneri ja puulevyt</b>	<b>Kaoliini</b>	<b>Kalsium- karbonaatit</b>
1.	Kotkan satama	1 600 495	1 556 979	14093	9843	16357	3223	232640	271745
2.	Rauman satama	1 518 550	1 485 226	3869	12652	9430	7373	640114	0
3.	Kaskisten satama	916 670	890 158	4	25911	561	36	0	0
4.	Pietarsaaren satama	810 851	810 829	0	0	22	0	0	0
5.	Kemin satama	405 850	400 355	0	5355	140	0	170421	0
6.	Oulun satama	378 764	42 931	11	331966	3832	24	27986	677496
7.	Imatran satama	281 979	275 240	0	2470	4269	0	0	0
8.	Lappeenrannan satama	212 207	212 207	0	0	0	0	0	0
9.	Joutsenon satama	167 751	167 751	0	0	0	0	0	0
10.	Helsingin satama	79 305	705	8651	285	59582	10082	0	0
<b>Kaikki satamat yhteensä</b>		<b>6 838 979</b>	<b>6 136 162</b>	<b>56 367</b>	<b>401 013</b>	<b>195 931</b>	<b>49 506</b>	<b>1 071 161</b>	<b>949 241</b>

## LIITE 10

**Metsäteollisuuden käyttämät vientisatamat tuoteryhmittäin vuonna 2008**

(Lähde: Merenkululaitos. 2009. Merenkululaitoksen tilastoja 5/2009. Ulkomaan meriliikennetilasto 2008. ss. 50-52)

<b>METSÄTEOLLISUUSTUOTTEIDEN VIENNIN OSALTA SUURIMMAT SATAMAT (tonnia)</b>							
<b>Sija</b>	<b>Satamapaikkakunta</b>	<b>Metsäteollisuuden tuotteet yht.</b>	<b>Raakapuu ja hake</b>	<b>Sahatavara</b>	<b>Sellu ja puuhioke</b>	<b>Paperi ja kartonki</b>	<b>Vaneri ja puulevyt</b>
1.	Kotkan satama	4 280 905	18 912	626 016	575 892	2 832 420	227 665
2.	Rauman satama	3 683 041	0	103 294	338 072	3 212 458	29 217
3.	Hangon satama	1 452 947	0	247 712	1 302	1 130 357	73 576
4.	Kemin satama	1 048 992	0	44 531	244 252	760 192	17
5.	Oulun satama	990 665	0	7 679	164 685	818 274	27
6.	Haminan satama	985 089	0	208 200	47 194	624 729	104 966
7.	Helsingin satama	897 887	642	287 138	10 322	514 090	85 695
8.	Kaskisten satama	724 155	48 701	353 301	308 491	7 868	5 794
9.	Pietarsaaren satama	593 254	0	211 505	363 464	18 150	135
10.	Loviisan satama	529 406	64 870	462 601	0	0	1 935
<b>Kaikki satamat yhteensä</b>		<b>16 691 652</b>	<b>352 196</b>	<b>3 283 508</b>	<b>2 285 034</b>	<b>10 221 937</b>	<b>548 977</b>

LIITE 11

Raaka-ainekuljetusten päästölaskentataulukot, 5 sivua

Raaka-ainepuukuljetukset päästölaskenta													
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	<b>HUOM</b>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	*NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	
3 526 milj. tkm	191 224	48 351	2 519 262	17 033	899	5 395	1 157	1 252	282 255		109 658	3 809 536	
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>		<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM		N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	<b>HUOM</b>
2 670 milj. tkm	169 501	76 399	1 316 254	25 811		1 584	3 045	6 252	58 495	24 400	20 327	881 519	
<i>Aluskuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	<b>HUOM</b>
4 669 milj. tkm	107 381	22 410	2 894 615	60 694	46 687	3 548	10 271	1 073 809	126 056		40 494	1 634 057	2000
Kuljetussuoritemäärä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
10 865 milj. tkm	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	<i>kiloa</i>
PÄÄSTÖMÄÄRÄT:	468 106	147 160	6 730 132	103 537	46 687	10 527	11 428	1 081 312	466 806	24 400	170 479	6 325 111	899

irtolastia. monikäytt

Sivutuotekuljetukset päästölaskenta													
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	HUOM
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	*NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	
1 117 milj. tkm	5 410	1 805	232 688	1 904	145	983	1 157	239	37 337		13 890	507 359	
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>		<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM		N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	HUOM
186 milj. tkm	11 236	5 054	87 022	1 718		106	3 045	474	3 919	1 653	1 332	60 469	
<i>Aluskuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	HUOM
4 506 milj. tkm	39 652	8 561	1 081 422	21 628	17 123	1 307	10 271	383 004	45 059		15 173	630 829	2000 kW
Kuljetussuoritemäärä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	<i>kiloa</i>
5 809 milj. tkm	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	*NH <sub>3</sub>
PÄÄSTÖMÄÄRÄT:	56 298	15 420	1 401 132	25 250	17 123	10 527	11 428	383 717	86 316	1 653	30 395	1 198 657	145

bulk-alus keskisut

Pigmenttikuljetukset päästölaskenta													
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	*NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	HUOM
264 milj. tkm	1 278	426	54 979	450	34	232	44	57	8 822		3 282	119 877	
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>		<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM		N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	HUOM
244 milj. tkm	13 640	6 106	104 979	2 106		132	250	744	4 874	2 623	1 605	77 332	
<i>Aluskuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	HUOM
7 741 milj. tkm	68 118	14 707	1 857 776	37 156	29 415	2 245	6 657	657 962	77 407		26 066	1 083 702	9000 kW
													Suuri bulk-alus
Kuljetussuoritemäärä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	<i>kiloa</i>
8 249 milj. tkm	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	*NH <sub>3</sub>
PÄÄSTÖMÄÄRÄT:	83 036	21 240	2 017 734	39 711	29 415	2 609	6 701	658 762	91 103	2 623	30 952	1 280 911	34

Kemikaalikuljetukset päästölaskenta													
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>		<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia	HUOM
356 milj. tkm	1 724	575	74 151	607	60	313	46	76	11 898		4 426	161 681	
Energiaaraaka-ainekuljetukset päästölaskenta													
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>		<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia	HUOM
309 milj. tkm	1 499	500	64 482	528	52	272	40	66	10 347		3 849	140 598	
Uusiokuitumateriaalikuljetusten päästölaskenta													
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>		<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia	HUOM
41 milj. tkm	199	66	8 558	70	7	36	5	9	1 373		511	18 660	Täysi
18 milj. tkm	118	40	4 674	45	4	21	3	5	747		282	10 285	70% täysi
1 257 tuhatta km	193	79	6 821	54	8	33	6	7	1 105		418	15 080	Tyhjänä
59 milj. tkm + 1 257 000 km	510	185	20 053	170	19	90	15	21	3 225		1 210	44 025	Yhteensä

Selluloosakuljetukset -kotimaa päästölaskenta												
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
109 milj. tkm	528	176	22 709	186	18	96	14	23	3 644		1 356	49 516
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
210 milj. tkm	6 533	2 771	46 854	1 113	137	81	-	1 234	2 943	4 478	706	57 563
Kuljetussuoritemäärä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>
319 milj. tkm	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
<b>PÄÄSTÖMÄÄRÄT:</b>	<b>7 061</b>	<b>2 948</b>	<b>69 563</b>	<b>1 298</b>	<b>155</b>	<b>177</b>	<b>14</b>	<b>1 258</b>	<b>6 587</b>	<b>4 478</b>	<b>2 061</b>	<b>107 079</b>

Raaka-ainekuljetukset yhteensä 2008: päästölaskenta													
	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>kiloa</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuorite- määrä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
25 965 milj. tkm	618 137	187 988	10 373 836	171 074	93 225	22 473	16 367	2 125 209	675 730	1 191	33 155	243 165	9 250 523



## LIITE 12

## Tuotekuljetusten päästölaskentataulukot, 6 sivua

Paperin vientikuljetusten päästölaskenta												
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	*NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
856 milj. tkm	4 147	1 383	178 390	1 459	111	753	144	184	28 625		10 649	388 966
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>		<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM		N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
1 754 milj. tkm	54 655	23 186	391 984	9 309		678	1 144	10 326	24 623	37 465	5 904	481 578
<i>Aluskuljetus -sisävesi</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
40 milj. tkm	929	194	25 033	525	404	31	89	9 286	1 090		350	14 132
<i>Aluskuljetus -vienti</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
27 158 milj. tkm	923 361	187 388	23 084 019	543 153	434 523	29 873	92 336	10 048 338	1 113 464		360 255	13 578 835
Kuljetussuoritemäärä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
29 808 milj. tkm	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
PÄÄSTÖMÄÄRÄT:	983 091	212 152	23 679 426	554 447	434 926	31 336	93 713	10 068 134	1 167 803	37 465	377 158	14 463 511
												<i>kiloa</i>
												*NH <sub>3</sub>
												111

Sellun vientikuljetusten päästölaskenta												
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	*NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
181 milj. tkm	877	293	37 727	309	24	159	30	39	6 054		2 252	82 260
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>		<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM		N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
347 milj. tkm	10 823	4 592	77 625	1 843		134	227	2 045	4 876	7 419	1 169	95 367
<i>Aluskuljetus -sisävesi</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
33 milj. tkm	766	160	20 658	433	333	25	73	7 664	900		289	11 662
<i>Aluskuljetus -vienti</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
5 657 milj. tkm	192 344	40 732	5 657 190	113 144	90 515	6 789	19 234	2 036 588	237 602		75 044	2 998 311
Kuljetussuoritemäärä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
6 538 milj. tkm	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
PÄÄSTÖMÄÄRÄT:	204 811	45 776	5 793 200	115 729	90 848	7 108	19 565	2 046 336	249 431	7 419	78 755	3 187 600
												<i>kiloa</i>
												*NH <sub>3</sub>
												34

Sahatavaran vientikuljetusten päästölaskenta												
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	*NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
659 milj. tkm	3 193	1 065	137 352	1 124	86	580	111	141	22 040		8 199	299 485
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>		<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM		N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
251 milj. tkm	7 806	3 311	55 982	1 329		97	163	1 475	3 517	5 351	843	68 777
<i>Aluskuljetus -sisävesi</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
6 milj. tkm	131	27	3 524	74	57	4	13	1 307	153		49	1 989
<i>Aluskuljetus -vienti</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
11 299 milj. tkm	384 152	81 350	11 298 575	225 972	180 777	13 558	38 415	4 067 487	474 540		149 879	5 988 245
Kuljetussuoritemäärä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
12 214 milj. tkm	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia
PÄÄSTÖMÄÄRÄT:	395 281	85 754	11 495 433	228 499	180 834	14 239	38 702	4 070 410	500 250	5 351	158 971	6 358 497
												<i>kiloa</i>
												*NH <sub>3</sub>
												86

Levytuotteiden vientikuljetusten päästölaskenta													
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	*NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	HUOM
102 milj. tkm	494	165	21 263	174	13	17	90	22	3 412		1 269	46 363	
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>		<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	HUOM
60 milj. tkm	1 858	788	13 324	316		39	23	351	837	1 273	201	16 369	
<i>Aluskuljetus -vienti</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	HUOM
1 277 milj. tkm	43 405	9 192	1 276 608	25 532	20 426	4 340	1 532	459 579	53 618		16 935	676 602	
Kuljetussuoritemäärä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	<i>kiloa</i>
1 438 milj. tkm	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoa.	Energia	*NH <sub>3</sub>
PÄÄSTÖMÄÄRÄT:	45 757	10 145	1 311 195	26 023	20 426	4 396	1 645	459 952	57 866	1 273	18 405	739 334	13

Liimapuun vientikuljetusten päästölaskenta												
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	*NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoa.	Energia	HUOM
18 milj. tkm	88	29	3 786	31	2	3	16	4	608	226	8 256	
<i>Aluskuljetus -vienti</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoa.	Energia	HUOM
1 577 milj. tkm*	44 936	9 539	1 261 363	26 016	20 497	4 494	1 561	473 011	55 185	17 537	701 633	
*50 % suoritteesta suuri (2 000 TEU:n) konttialus, 50 % keskisuuri (1000 TEU:n) konttialus)												
Kuljetussuoritemäärä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	<i>kiloa</i>
1 595 milj. tkm	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoa.	Energia	*NH <sub>3</sub>
PÄÄSTÖMÄÄRÄT:	45 024	9 568	1 265 149	26 047	20 497	4 497	1 577	473 015	55 792	17 763	709 889	2
Mäntyöljyn vientikuljetusten päästölaskenta												
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoa.	Energia	HUOM
25 milj. tkm	123	41	5 298	43	3	4	22	5	850	316	11 553	

Pellettien vientikuljetusten päästölaskenta												
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	*NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Poltto.	Energia	HUOM
56 milj. tkm	273	91	11 738	96	7	9	50	12	1 883	701	25 593	
<i>Aluskuljetus -vienti</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Poltto.	Energia	HUOM
127 milj. tkm*	2 925	610	78 843	1 653	1 272	280	97	29 248	3 433	1 103	44 508	
Kuljetussuoritemäärä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>	<i>kiloa</i>
183 milj. tkm	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Poltto.	Energia	*NH <sub>3</sub>
PÄÄSTÖMÄÄRÄT:	3 198	701	90 580	1 749	1 272	289	146	29 260	5 317	1 804	70 101	7

Tuotekuljetukset yhteensä: päästölaskenta 2008													
Kuljetussuorite- määrä	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>kiloa</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Sähkö	Poltto.	Energia
51 483 milj. tkm	1 677 285	364 137	43 640 282	952 536	748 803	161 166	56 073	17 147 113	2 037 310	247	51 509	653 171	25 540 485

## LIITE 13

## Metsäteollisuuden kuljetusten päästölaskenta 2008, yhteenveto

Raaka-ainekuljetukset yhteensä 2008: päästölaskentataulukko													
Kuljetussuorite määrä	<i>kiloa</i> CO	<i>kiloa</i> HC	<i>kiloa</i> NO <sub>x</sub>	<i>kiloa</i> PM <sub>10</sub>	<i>kiloa</i> PM <sub>2,5</sub>	<i>kiloa</i> CH <sub>4</sub>	<i>kiloa</i> N <sub>2</sub> O	<i>kiloa</i> SO <sub>2</sub>	<i>tonnia</i> CO <sub>2</sub>	<i>kiloa</i> NH <sub>3</sub>	<i>MWh</i> Sähkö	<i>1000 l</i> Polttoa.	<i>GJ</i> Energia
25 965 milj. tkm	618 137	187 988	10 373 836	171 074	93 225	22 473	16 367	2 125 209	675 730	1 191	33 155	243 165	9 250 523

Tuotekuljetukset yhteensä 2008: päästölaskentataulukko													
Kuljetussuorite määrä	<i>kiloa</i> CO	<i>kiloa</i> HC	<i>kiloa</i> NO <sub>x</sub>	<i>kiloa</i> PM <sub>10</sub>	<i>kiloa</i> PM <sub>2,5</sub>	<i>kiloa</i> CH <sub>4</sub>	<i>kiloa</i> N <sub>2</sub> O	<i>kiloa</i> SO <sub>2</sub>	<i>tonnia</i> CO <sub>2</sub>	<i>kiloa</i> NH <sub>3</sub>	<i>MWh</i> Sähkö	<i>1000 l</i> Polttoa.	<i>GJ</i> Energia
51 483 milj. tkm	1 677 285	364 137	43 640 282	952 536	748 803	161 166	56 073	17 147 113	2 037 310	247	51 509	653 171	25 540 485

Metsäteollisuuden kuljetukset yhteensä 2008: päästölaskentataulukko													
Kuljetussuorite määrä	<i>tonnia</i> CO	<i>tonnia</i> HC	<i>tonnia</i> NO <sub>x</sub>	<i>tonnia</i> PM <sub>10</sub>	<i>tonnia</i> PM <sub>2,5</sub>	<i>tonnia</i> CH <sub>4</sub>	<i>tonnia</i> N <sub>2</sub> O	<i>tonnia</i> SO <sub>2</sub>	<i>tonnia</i> CO <sub>2</sub>	<i>tonnia</i> NH <sub>3</sub>	<i>MWh</i> Sähkö	<i>1000 l</i> Polttoa.	<i>GJ</i> Energia
77 447 milj. tkm	2 295	552	54 014	1 124	842	184	72	19 272	2 713 040	1	84 664	896 336	34 791 007

## LIITE 14

**Kotimaan tieliikenteen vuosisuoritteet tavaralajeittain 2008**(Tilastokeskus. 2010. PX-Web tietokanta. Saatavilla: [http://pxweb2.stat.fi/Database/StatFin/Lii/kttav/kttav\\_fi.asp](http://pxweb2.stat.fi/Database/StatFin/Lii/kttav/kttav_fi.asp). Viitattu 20.8.2010)

Kotimaan tieliikenteen vuosisuoritteet tavaralajeittain 2008	Tavaramäärä 1000 t	Kuljetussuorite milj. tkm	Liikennesuorite 1000 km	Keskikuljetusmatka km
<b>Yhteensä</b>	<b>417 704</b>	<b>27 613</b>	<b>2 454 876</b>	<b>66</b>
6. Tukki- ja kuitupuu	33 594	3 240	81 754	96
7. Energiapuu, polttopuu, kannot, risut, metsähake yms.	3 838	211	11 723	55
8. Puru, hake	9 673	1 008	33 756	104
9. Mekaanisen metsäteollisuuden tuotteet, sahattu puutavara, paneelit, levytuotteet, taloelementit puusta yms.	11 756	1 777	78 128	151
10. Paperimassa, selluloosa	2 023	290	7 791	143
11. Paperi, kartonki, painotuotteet, muut tuotteet paperista ja kartongista	7 279	856	53 481	118
16. Kivi- ja ruskohiili, (raakaöljy, luonnonkaasu)	923	91	2 316	99
17. Koksi, briketit, pelletit yms. kiinteät polttoaineet	338	42	2 605	124
18. Polttoturve	7 846	457	13 851	58
19. Nestemäiset polttoaineet ja voiteluaineet, kaasumaiset ja kiinteät öljytuotteet	7 980	1 004	41 317	126
26. Peruskemikaalit; hapot, lipeä, hiilikemikaalit yms.	3 268	388	11 982	119
34. Muovi- ja kumiteollisuuden raaka-aineet ja tuotteet	1 864	209	19 367	112
36. Kierrätysmateriaalit; keräyspaperi yms.	7 316	595	38 643	81
43. Muut tavarat (kuin luokissa 1-43)	..	..	..	..
44. Tyhjä	0	0	663 541	..
45. Kunnossapito, huoltoajo yms. toiminnot	4 358	128	76 108	29



## LIITE 15

## Kaoliinin kuljettamisen aiheuttama ympäristökuormitus vuonna 2008

KAOLIININ KULJETUSTEN YMPÄRISTÖKUORMITUS 2008												
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
170 milj. tkm	11 349	5 134	88 554	1 715	202	104	0	311	3 842	1 053	1 357	57 153
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
82 milj. tkm	400	133	17 189	141	14	73	11	18	2 758		1 026	37 479
<i>Aluskuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
7 741 milj. tkm	68 118	14 707	1 857 776	37 156	29 415	6 657	2 245	657 962	77 407		26 066	1 083 702
<b>YHTEENSÄ</b>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10+2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
7 994 milj. tkm	<b>79 868</b>	<b>19 975</b>	<b>1 963 519</b>	<b>68 426</b>	<b>6 859</b>	<b>2 421</b>	<b>11</b>	<b>658 291</b>	<b>84 008</b>	<b>1 053</b>	<b>28 449</b>	<b>1 178 334</b>

SAHATAVARAN VIENTI VÄLIMEREN MAIHIN YMPÄRISTÖKUORMITUSLASKELMA 2008												
Kuljetusmuoto	RAAKAPUUN OSUUS											
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
333 miljoonaa tkm	1 615	539	69 452	568	56	293	43	71	11 144	0	4 146	151 434
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
229 miljoonaa tkm	13 754	6 185	106 489	2 104	249	130	0	589	4 803	2 054	1 630	74 213
<i>Uittokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
25 miljoonaa tkm	503	108	13 594	277	211	48	16	4 783	604	0	190	7 552
<i>Aluskuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
12 miljoonaa tkm	276	58	7 432	156	120	26	9	2 757	324	0	104	4 196

Kuljetusmuoto	SAHATAVARAN OSUUS KOTIMAAN KULJETUKSISSA											
<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>		<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
158 miljoonaa tkm	763	255	32 826	269	26	139	20	34	5 267	0	1 960	71 574
<i>Junakuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
60 miljoonaa tkm	1 837	778	13 142	314	39	23	0	355	833	1 287	198	16 361
Kuljetusmuoto	SAHATAVARAN OSUUS VIENTIKULJETUKSISSA											
<i>Aluskuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
8 342 miljoonaa tkm	108 451	23 359	3 003 257	58 397	46 717	10 845	3 587	1 001 086	133 478	0	41 712	1 668 476
YHTEENLASKU PÄÄSTÖKOMPONENTEITTAIN												
	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
RAAKAPUUN KULJETUKSET KOTIMAAN	16 148	6 890	196 968	3 436	379	449	43	8 200	16 875	2 054	6 070	237 395
KULJETUKSET VIENTIKULJETUKSET	2 600	1 032	45 968	582	65	162	20	388	6 100	1 287	2 157	87 935
	108 451	23 359	3 003 257	105 114	10 845	3 587	0	1 001 086	133 478	0	41 712	1 668 476
YHTEENSÄ PÄÄSTÖ, KULUTUS/ KULJETETTU TONNI	127 199	31 281	3 246 193	109 133	11 289	4 198	64	1 009 675	156 453	3 341	49 939	1 993 807
	0,104	0,105	0,026	2,689	0,090	0,009	0,003	0,000	0,837	0,130	0,003	0,041

## LIITE 17

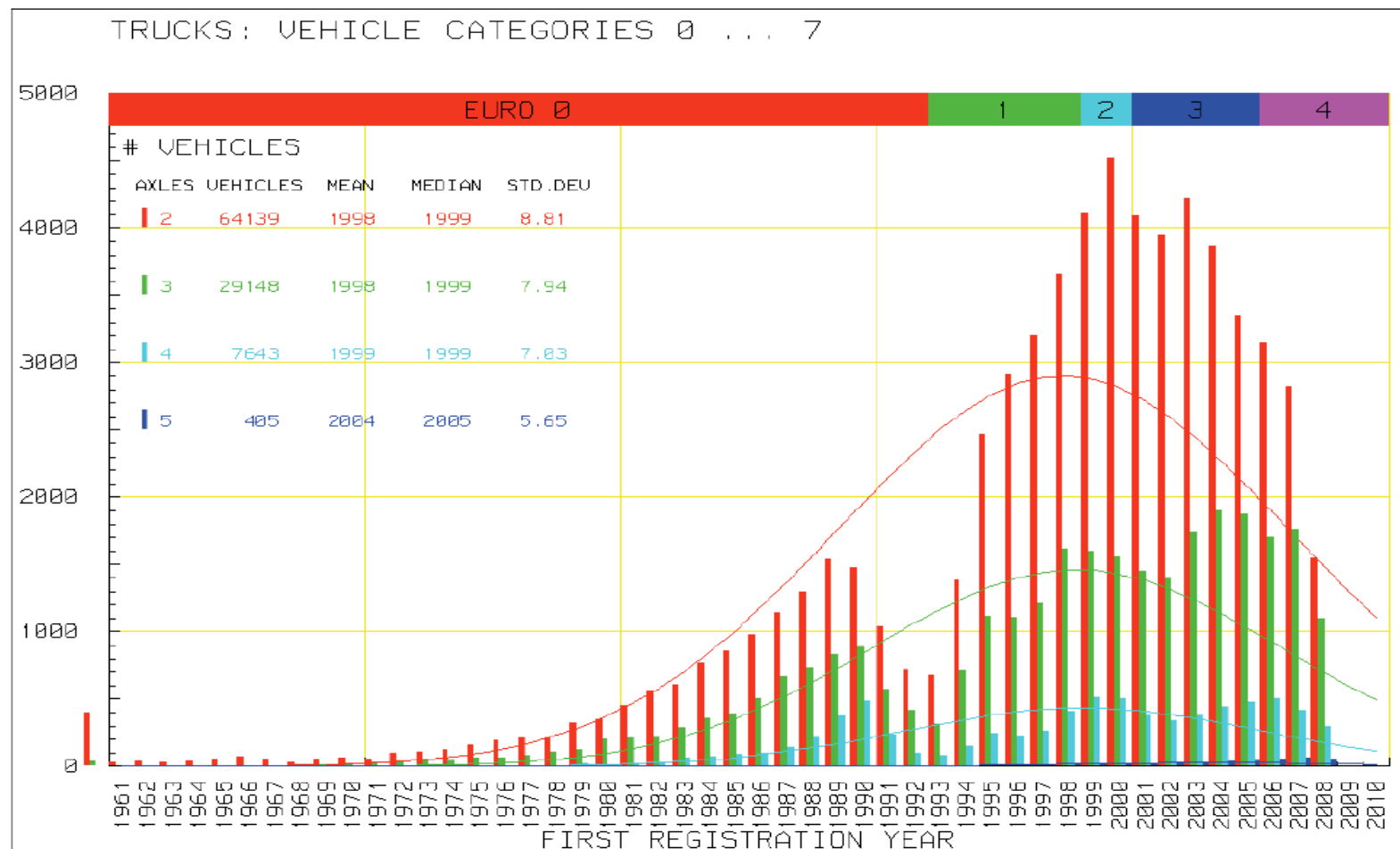
## Uusiokuitumateriaalin kuljettamisen aiheuttama ympäristökuormitus vuonna 2008

Uusiokuitumateriaalikuljetusten päästölaskenta 2008												
	<i>Autokuljetus</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Täyttö	Kuljetussuoritemäärä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoaine	Energia
Täysi	41 milj. tkm	199	66	8 558	70	7	36	5	9	1 373	511	18 660
70% täysi	18 milj. tkm	118	40	4 674	45	4	21	3	5	747	282	10 285
Tyhjänä	628 tuhatta km	97	39	3 411	27	4	163	31	35	552	209	7 540
Yhteensä		413	146	16 643	143	15	221	40	49	2 673	1 001	36 485
Päästö, kulutus/kuljetettu tonni (g/t)		0,57	0,20	22,99	0,20	0,02	0,30	0,06	0,07	3691,62	1,38	50,39

# LIITE 18

## Kuorma-autokaluston ikäjakauma 30.8.2008.

(Lähde Valtionvarainministeriö. 2010. Euro-vinjetti työryhmän muistio. Valtiovarainministeriön julkaisuja 4/2010. ISBN 978- 952-251-024-2.)



Metsäteollisuuden kuljetuksia hoitava ajoneuvokanta on pääasiassa kaksi (vihreä palkki) tai kolme (turkoosi) akselisia. Keski-ikä kaikilla muilla kuin viisiakselisilla kuorma-autoilla, on hieman yli kymmenen vuotta. Valtionvarainministeriö 2010. ss. 25–28.

## LIITE 19:

## Varaosa- ja huoltotoimintaan sekä jätekuljetuksiin liittyvien kuljetusten aiheuttama ympäristökuormitus 2008

Varaosa- ja huoltokuljetukset päästölaskenta											
<i>Perävaunun yhdistelmä</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Ajoneuvokilometrejä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoaine	Energia
2,2 milj. km	337	54	8 428	71	6	58	11	12	1 948	737	26 868
<i>Kuorma-auto 6t</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Ajoneuvokilometrejä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoaine	Energia
2,2 milj. km	130	47	1 890	46	2	2	0,29	0,47	74	27	1 009
<b>YHTEENSÄ</b>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 l</i>	<i>GJ</i>
Ajoneuvokilometrejä	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoaine	Energia
<b>PÄÄSTÖMÄÄRÄT:</b>	<b>467</b>	<b>101</b>	<b>10 317</b>	<b>116</b>	<b>7</b>	<b>60</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>2 022</b>	<b>763</b>	<b>27 877</b>
Jätekuljetukset päästölaskenta											
<i>Kuorma-auto 16t</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>
Kuljetussuorite	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoaine	Energia
11,0 milj. tkm +	258	146	3 791	58	6	0	6	5	726	275	9 907
1,225 milj. km	226	223	2 935	54	6	38	6	4	586	221	8 016
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>484</b>	<b>369</b>	<b>6 727</b>	<b>113</b>	<b>12</b>	<b>38</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>1 312</b>	<b>496</b>	<b>17 923</b>
Muut kuljetukset yhteensä, päästölaskentataulukko											
	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Polttoaine	Energia
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>951</b>	<b>470</b>	<b>17 044</b>	<b>229</b>	<b>19</b>	<b>98</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>3 334</b>	<b>1 260</b>	<b>45 800</b>

LIITE 20: Ympäristökuormituslaskennassa käytettyjä yksikköpäästökertoimia Lipasto-päästölaskentajärjestelmästä (3 sivua)

KULJETUSVÄLINE	Tieliikenne 2007								Polttoaine		Energia
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	litroina	
Varsinainen perävaunuyhd. 60t EURO1	0,012	0,0046	0,41	0,0067	0,00047	0,00088	0,00013	0,00021	32	11,90	0,44
Varsinainen perävaunuyhd. 60t EURO2	0,0067	0,0033	0,35	0,003	0,00034	0,00088	0,00013	0,00021	33	11,90	0,45
Varsinainen perävaunuyhd. 60t EURO3	0,0054	0,0026	0,23	0,002	0,00027	0,00088	0,00013	0,00022	34	13,10	0,46
Varsinainen perävaunuyhd. 60t EURO4	0,004	0,00048	0,17	0,0012	0,00005	0,00088	0,00013	0,00021	33	11,90	0,45
Varsinainen perävaunuyhd. 60t EURO5	0,004	0,00048	0,1	0,0011	0,00005	0,00088	0,00013	0,00021	33	11,90	0,45
Perävaunuyhd. 60t EURO1, 70% kapasitteetti	0,016	0,0065	0,52	0,0085	0,00067	0,0012	0,00018	0,00026	42	15,48	0,57
Perävaunuyhd. 60t EURO2, 70% kapasitteetti	0,0088	0,0046	0,45	0,0038	0,00048	0,0012	0,00018	0,00027	42	15,48	0,58
Perävaunuyhd. 60t EURO3, 70% kapasitteetti	0,007	0,0037	0,3	0,0035	0,00038	0,0012	0,00018	0,00028	43	16,67	0,59
Perävaunuyhd. 60t EURO4, 70% kapasitteetti	0,006	0,00068	0,21	0,0015	0,00007	0,0012	0,00018	0,00027	42	15,48	0,58
Perävaunuyhd. 60t EURO5, 70% kapasitteetti	0,006	0,00068	0,13	0,0014	0,00007	0,0012	0,00018	0,00027	42	15,48	0,58
Perävaunuyhd. 60t EURO1, tyhjä	0,34	0,18	11	0,17	0,018	0,026	0,005	0,0054	856	323,81	12
Perävaunuyhd. 60t EURO2, tyhjä	0,19	0,13	9,4	0,077	0,013	0,026	0,005	0,0055	869	328,57	12
Perävaunuyhd. 60t EURO3, tyhjä	0,15	0,1	6,2	0,051	0,01	0,026	0,005	0,0057	892	336,90	12
Perävaunuyhd. 60t EURO4, tyhjä	0,15	0,019	4,2	0,03	0,002	0,026	0,005	0,0055	869	328,57	12
Perävaunuyhd. 60t EURO5, tyhjä	0,15	0,019	3	0,03	0,002	0,026	0,005	0,0055	869	328,57	12
Raakapuun kuljettaminen 60t EURO1	0,134	0,039	1,406	0,019	0,001	0,002	0,000	0,000	77	29,76	1,05
Raakapuun kuljettaminen 60t EURO2	0,075	0,028	1,200	0,009	0,001	0,002	0,000	0,000	79	29,76	1,07
Raakapuun kuljettaminen 60t EURO3	0,060	0,022	0,789	0,006	0,001	0,002	0,000	0,000	81	32,74	1,09
Raakapuun kuljettaminen 60t EURO4	0,045	0,004	0,583	0,003	0,000	0,002	0,000	0,000	79	29,76	1,07
Raakapuun kuljettaminen 60t EURO5	0,045	0,004	0,343	0,003	0,000	0,002	0,000	0,000	79	29,76	1,07

KULJETUSVÄLINE	Tieliikenne 2007								Polttoaine		Energia	
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	litroina	MJ	
Kuorma-auto 6t EURO1 (km)	0,84	0,45	2,9	0,33	0,02	0,00088	0,00013	0,00021	32	11,90	0,44	
Kuorma-auto 6t EURO2 (km)	0,48	0,33	2,4	0,22	0,013	0,00088	0,00013	0,00021	33	11,90	0,45	
Kuorma-auto 6t EURO3 (km)	0,41	0,28	1,7	0,14	0,01	0,00088	0,00013	0,00022	34	13,10	0,46	
Kuorma-auto 6t EURO4 (km)	0,035	0,004	0,98	0,012	0,00015	0,00088	0,00013	0,00021	33	11,90	0,45	
Kuorma-auto 6t EURO5 (km)	0,035	0,004	0,6	0,012	0,00015	0,00088	0,00013	0,00021	33	11,90	0,45	
Suuri kuorma-auto 15t EURO1	0,08	0,042	0,67	0,03	0,0018	0	0,00056	0,0004	63	23,81	0,86	
Suuri kuorma-auto 15t EURO2	0,05	0,03	0,58	0,01	0,0013	0	0,00056	0,00041	64	23,81	0,88	
Suuri kuorma-auto 15t EURO3	0,036	0,024	0,38	0,01	0,001	0	0,00056	0,00042	66	25,00	0,9	
Suuri kuorma-auto 15t EURO4	0,008	0,0011	0,28	0	0	0	0,00056	0,00042	66	25,00	0,9	
Suuri kuorma-auto 15t EURO5	0,008	0,0011	0,18	0	0	0	0,00056	0,00042	66	25,00	0,9	
KULJETUSVÄLINE	Raideliikenne 2007								Sähkö		Energia	
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	kWh	MJ	
Sähköjuna ilman vaihtotyölisää	0,0047	0,00048	0,011	0,0013	0,00024	0,00021		0,0082	7,2	0,03	0,21	
Sähköjuna vaihtotyölisällä	0,011	0,0036	0,055	0,0026	0,00035	0,00026		0,0082	9,2	0,03	0,24	
Dieseljuna ilman vaihtotyölisää	0,074	0,034	0,6	0,011	0,0013	0,00065		0,00015	24		0,33	
Dieseljuna vaihtotyölisällä	0,081	0,037	0,64	0,012	0,0014	0,0007		0,00017	26		0,36	
KULJETUSVÄLINE	Vesiliikenne 2007								Polttoaine		Energia	
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	litroina	MJ	DWT
Konttialus 1000 TEU	0,034	0,0072	1	0,02	0,016	0,0034	0,0012	0,36	42	13,27	0,53	14000
Irtolastialus BULK, keskisuuri	0,013	0,0028	0,36	0,007	0,0056	0,0013	0,00043	0,12	16	5,00	0,2	14000
Irtolastialus, monikäyttö	0,023	0,0048	0,62	0,013	0,01	0,0022	0,00076	0,23	27	8,67	0,35	4000
Irtolastialus BULK, suuri	0,0088	0,0019	0,24	0,0048	0,0038	0,00086	0,00029	0,085	10	3,37	0,14	32000
RoRo, 18 solmua "paperilaiva"	0,034	0,0069	0,85	0,02	0,016	0,0034	0,0011	0,37	41	13,27	0,5	14000
RoRo, 18 solmua 150 traileria	0,11	0,022	2,8	0,066		0,011	0,0037	1,2	134	42,86	1,7	10000
Konttialus 2000 TEU	0,023	0,0049	0,6	0,013	0,01	0,0023	0,00078	0,24	28	8,98	0,36	32500
Proomu, pieni	0,02	0,0043	0,54	0,011	0,0084	0,0019	0,00065	0,19	24	7,55	0,3	6000



KULJETUSVÄLINE	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	kWh	Sähkö MJ	Polttoaine litroina	HUOM
Dieseljuna raakapuu, vaihtotyölisä, täysi	0,05369	0,02453	0,42425	0,00795	0,00093	0,00046	0,00011	17,2		0,24	6,52	695t/ 1100 t
Dieseljuna raakapuu, vaihtotyölisä, tyhjä	0,03263	0,01490	0,25780	0,00483	0,00056	0,00028	0,00007	10,5		0,14	3,96	305 t
Dieseljuna raakapuu, YHTEENSÄ	0,08632	0,03943	0,68205	0,01279	0,00149	0,00075	0,00018	27,7		0,38	10,48	
Sähköjuna raakapuu, vaihtotyölisä, täysi	0,00665	0,00218	0,03327	0,00157	0,00021	0,00016	0,00496	5,6	0,02	0,15		695t/ 1100 t
Sähköjuna raakapuu, vaihtotyölisä, tyhjä	0,00328	0,00107	0,01639	0,00077	0,00010	0,00008	0,00244	2,7	0,01	0,07		305 t
Sähköjuna raakapuu, YHTEENSÄ	0,00993	0,00325	0,04967	0,00235	0,00032	0,00023	0,00740	8,3	0,03	0,22		
Dieseljuna, vaihtotyölisä, keskiarvo	0,081	0,037	0,64	0,012	0,0014	0,0007	0,00017	26		0,36	9,83	
Sähköjuna, vaihtotyölisä, keskiarvo	0,011	0,0036	0,055	0,0026	0,00035	0,00026	0,0082	9,2	0,03	0,24	0,75	
Sähköjuna raakapuu päästöt sähköstä	0,003214	0,000327	0,007677	0,000900	0,000163	0,000143	0,005589	4,913	0,02	0,15		
Sähköjuna raakapuu päästöt sähköstä tyhjä	0,00158	0,00016	0,00378	0,00044	0,00008	0,00007	0,002754	2,4208	0,01	0,07		
YHTEENSÄ	0,00480	0,00049	0,01146	0,00134	0,00024	0,00021	0,00834	7,334	0,030	0,217		

LIITE 21

Ympäristökuormituslaskenta kuljetettua yksikköä kohti (2 sivua)

Paperi- ja kartonkiteollisuuden kuljetusten päästölaskenta													
	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	kiloa	MWh	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	PM10	PM2,5	CH4	N2O	SO2	CO2	NH3	Sähkö	Polttoa.	Energia
Raaka-aine kuljetukset	375	111	6 875	117	69	17	11	1 573	429 870	709	18 042	153 555	5 908
Tuotekuljetukset	983	212	23 679	554	435	94	31	10 068	1 167 803	111	37 465	377 158	14 464
<b>Yhteensä</b>	<b>1 358</b>	<b>323</b>	<b>30 554</b>	<b>672</b>	<b>504</b>	<b>110</b>	<b>42</b>	<b>11 641</b>	<b>1 597 672</b>	<b>820</b>	<b>55 508</b>	<b>530 713</b>	<b>20 372</b>
<b>Päästö, kulutus /kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>103</b>	<b>25</b>	<b>2 328</b>	<b>51</b>	<b>38</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>887</b>	<b>121 718</b>	<b>0,06</b>	<b>4</b>	<b>40 432</b>	<b>1 552</b>
Selluteollisuuden kuljetusten päästölaskenta													
	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	kiloa	MWh	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	PM10	PM2,5	CH4	N2O	SO2	CO2	NH3	Sähkö	Polttoa.	Energia
Raaka-aine kuljetukset	53	17	763	12	5	1	1	121	53 883	107	2 729	19 690	730
Tuotekuljetukset	209	46	5 793	116	91	20	7	2 046	249 431	24	7 419	78 755	3 188
<b>Yhteensä</b>	<b>262</b>	<b>62</b>	<b>6 556</b>	<b>127</b>	<b>96</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>2 167</b>	<b>303 315</b>	<b>131</b>	<b>10 149</b>	<b>98 444</b>	<b>3 918</b>
<b>Päästö, kulutus /kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>110</b>	<b>26</b>	<b>2 756</b>	<b>54</b>	<b>40</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>911</b>	<b>127 497</b>	<b>0,05</b>	<b>4</b>	<b>41 381</b>	<b>1 647</b>
Mäntyöljykuljetusten päästölaskenta													
HUOM: YKSIKÖT KG!!	kiloa	kiloa	kiloa	kiloa	kiloa	kiloa	kiloa	kiloa	tonnia	kiloa	MWh	1000 l.	GJ
	CO	HC	NOx	PM10	PM2,5	CH4	N2O	SO2	CO2	NH3	Sähkö	Polttoa.	Energia
Raaka-aine kuljetukset	2 547	801	36 613	563	254	62	57	5 883	2 540	5	133	927	34 410
Tuotekuljetukset	123	41	5 298	43		4	22	5	850	3		316	11 553
<b>Yhteensä</b>	<b>2 670</b>	<b>842</b>	<b>41 912</b>	<b>607</b>	<b>254</b>	<b>66</b>	<b>80</b>	<b>5 888</b>	<b>3 390</b>	<b>8</b>	<b>133</b>	<b>1 244</b>	<b>45 963</b>
<b>Päästö, kulutus /kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>185</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>14 932</b>	<b>0,03</b>	<b>1</b>	<b>5 479</b>	<b>202</b>

Sahatavaran kuljetusten päästölaskenta													
	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	kiloa	MWh	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	PM10	PM2,5	CH4	N2O	SO2	CO2	NH3	Sähkö	Polttoa.	Energia
Raaka-aine kuljetukset	150	47	2 202	33	15	4	4	343	158 591	326	7 749	57 989	2 149
Tuotekuljetukset	395	86	11 495	228	181	39	14	4 070	500 250	86	5 351	158 971	6 358
<b>Yhteensä</b>	<b>545</b>	<b>133</b>	<b>13 697</b>	<b>262</b>	<b>196</b>	<b>42</b>	<b>18</b>	<b>4 414</b>	<b>658 841</b>	<b>412</b>	<b>13 100</b>	<b>216 960</b>	<b>8 508</b>
<b>Päästö, kulutus /kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>68</b>	<b>16</b>	<b>1 696</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>546</b>	<b>81 560</b>	<b>0,05</b>	<b>2</b>	<b>26 858</b>	<b>1 053</b>
Levytuotekuljetusten päästölaskenta													
	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	kiloa	MWh	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	PM10	PM2,5	CH4	N2O	SO2	CO2	NH3	Sähkö	Polttoa.	Energia
Raaka-aine kuljetukset	24	7	381	5	2	1	1	51	32 313	83	1 148	8 215	438
Tuotekuljetukset	46	10	1 311	26	20	4	2	460	57 866	13	1 273	18 405	739
<b>Yhteensä</b>	<b>69</b>	<b>18</b>	<b>1 692</b>	<b>31</b>	<b>23</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>511</b>	<b>90 179</b>	<b>96</b>	<b>2 422</b>	<b>26 619</b>	<b>1 178</b>
<b>Päästö, kulutus /kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>79</b>	<b>20</b>	<b>1 919</b>	<b>36</b>	<b>26</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>112</b>	<b>17 836</b>	<b>0,11</b>	<b>3</b>	<b>30 180</b>	<b>1 335</b>
Pellettikuljetusten päästölaskenta													
	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	kiloa	MWh	1000 l.	TJ
	CO	HC	NOx	PM10	PM2,5	CH4	N2O	SO2	CO2	NH3	Sähkö	Polttoa.	Energia
Raaka-aine kuljetukset	5	2	79	1	1	0	0	13	5 462	11	285	2	74
Tuotekuljetukset	3	1	91	2	1	0	0	29	5 317	7	0	2	70
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>169</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>10 779</b>	<b>18</b>	<b>285</b>	<b>4</b>	<b>144</b>
<b>Päästö, kulutus /kuljetettu tonni (g/t)</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>454</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>112</b>	<b>28 897</b>	<b>0,05</b>	<b>1</b>	<b>10 183</b>	<b>386</b>

## LIITE 22

## Metsäteollisuuden kuljetusten ympäristökuormitus Suomen talousalueen sisäpuolella

Metsäteollisuuden kuljetusten päästölaskenta, raaka-ainekuljetukset, kuljetussuoritemäärä 12 345 milj. tkm.												
<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>kiloa</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>
CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
462 577	154 818	6 149 584	85 080	25 880	7 391	11 236	602 924	496 786	1 191	33 155	183 961	6 815 714
Metsäteollisuuden kuljetusten päästölaskenta, tuotekuljetukset, kuljetussuoritemäärä 12 419 milj. tkm.												
<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>kiloa</i>	<i>tonnia</i>	<i>kiloa</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>
CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
354 600	92 165	8 008 358	172 077	123 735	28 354	11 577	2 849 379	423 996	261	55 987	136 441	5 587 815
Metsäteollisuuden kuljetusten päästölaskenta, yhteensä, kuljetussuoritemäärä 24 764 milj. tkm.												
<i>tonnia</i>	<i>tonnia</i>	<i>tonnia</i>	<i>tonnia</i>	<i>tonnia</i>	<i>tonnia</i>	<i>tonnia</i>	<i>tonnia</i>	<i>tonnia</i>	<i>tonnia</i>	<i>MWh</i>	<i>1000 litraa</i>	<i>GJ</i>
CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Sähkö	Polttoaine	Energia
817	247	14 158	257	150	36	23	3 452	920 781	1	89 142	320 402	12 403 529